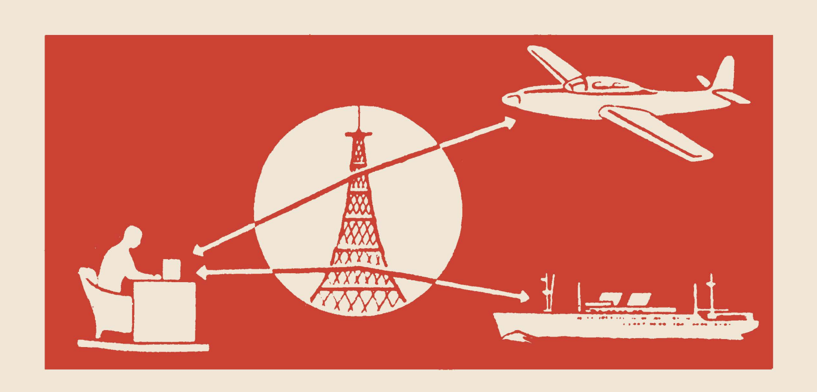


В. Н. ЛОГИНОВ

РАДИОТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

ПАРАМЕТРЫ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ

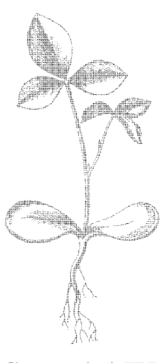
№ по пор.	Параметры	Типы реле: Рм	70	106	13с	6с
1	Род тока	Постоянный и переменный	Постоянный и переменный	Постоянный	Постоянный	Постоянный
2	Рабочее напряжение постоянного тока, *в*	До 60	До 60	До 60	24	24
3	Рабочее напряжение переменного тока, *в*	До 110	До 110	—	—	—
4	Допустимое потребление мощности в катушке реле, *вт*	До 5	До 5	До 3	—	—
5	Количество выводных штифтов катушки	2—5	2—5	2—4	—	—
6	Допустимое число обмоток:					
	а) независимых	2	2	2	—	—
	б) с общей точкой	3	3	3	—	—
7	Сопротивление обмотки, *ом*	1 000	1 000	5 000	—	—
8	Максимальное число контактных пружин, установленных на реле	18	15	15	18	—
9	Ампервитки срабатывания по паспорту:					
	а) при максимальном числе пружин	170	275	270	380	—
	б) при среднем числе пружин	135 (8 пружин)	173 (8 пружин)	240 (8 пружин)	—	—
	в) при минимальном числе пружин	65 (3 пружины)	107 (3 пружины)	120 (3 пружины)	70	132
10	Максимальная допустимая сила тока через контактные пружины при безиндукционной нагрузке:					
	а) при наличии серебряных контактов, *а*	2	2	1,5	2	1
	б) при наличии платиновых контактов, *а*	2	2	—	—	—
11	Разрывная мощность при безиндукционной нагрузке:					
	а) при наличии серебряных контактов, *вт*	60	60	40	—	—
	б) при наличии платиновых контактов, *вт*	60	60	—	—	—
12	Максимальная допустимая сила тока через контакты при индуктивной нагрузке с искрогашением:					
	а) серебряный контакт, *а*	0,4	0,4	0,3	—	—
	б) платиновый контакт, *а*	1,0	1,0	—	—	—
13	Допустимое число срабатываний контактной системы при половинных значениях вышеуказанных токов с незначительным изменением регулировочных параметров	$10 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	—	—
	Габариты реле:					
	а) высота, *мм*	56,5	33	35	56	25
	б) ширина, *мм*	28	25	21	24,6	15,5
	в) длина, *мм*	100	105	75	57,5	35,5
	Вес реле, *г*	300	180—200	110—120	85	20

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 82

В. Н. ЛОГИНОВ

РАДИОТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1950 ЛЕНИНГРАД

В брошюре излагаются основные принципы телеуправления, селекции и шифрообразования сигнала.

Приводятся описания приборов и схем, применяемых в телемеханических устройствах.

Брошюра рассчитана на широкие круги радиолюбителей, а также лиц, интересующихся телеуправлением.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *З. Б. Гинзбург* Техн. редактор *С. Н. Бабочкин*

Сдано в набор 17/V 1950 г. Подписано к печати 27/X 1950 г.
Бумага 84×108 1/32=1 1/8 бумажных — 3,69 п. л. Уч.-изд. л. 4,5
Т-07964 Тираж 25 000 экз. Заказ 158

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Настоящая брошюра призвана дать понятие об основных принципах телеуправления вообще и об основных принципах создания радиоуправляемых приборов в частности.

Как известно, этот участок является составной частью очень обширной области техники, именуемой обычно телемеханикой и охватывающей кроме упомянутого телеуправления еще вопросы телеизмерений и счетно-решающих устройств и которая неразрывно связана с автоматикой, так как без последней не может быть разработано ни одного сколько-нибудь сложного современного телемеханического устройства.

Уместно упомянуть, что наши советские ученые и инженеры внесли в телемеханику много нового, поставив ее на высокую ступень развития.

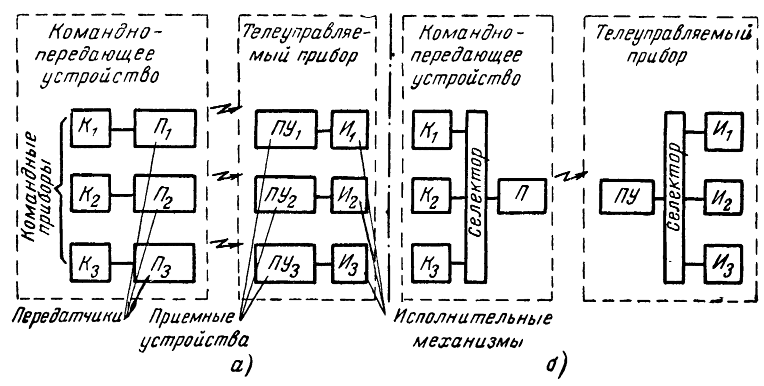
Так, например, в области разработки теории и конструирования элементов автоматики широко известны труды акад. В. С. Кулебакина, чл.-корр. АН СССР В. И. Коваленкова, В. К. Аркадьева и др.; в области теории и разработки схем и устройств телеуправления известны работы проф. Н. А. Лившица, проф. М. А. Гаврилова и др., а в области телеизмерений — проф. М. Л. Цукермана, М. В. Михайлова и др.

В этой небольшой брошюре мы не имеем возможности рассматривать все эти сами по себе очень важные и интересные области и ограничимся лишь телеуправлением. Советская наука и техника, призванные максимально облегчить труд человека, обогатить его новыми знаниями, дают очень много полезных и интересных применений телеуправления в промышленности и науке.

ПОНЯТИЕ ОБ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ КОДОВЫХ СИГНАЛОВ

Редко бывает так, чтобы телеуправляемый объект выполнял лишь одну какую-либо операцию. Так, например, никто не делает модель радиоуправляемого корабля с аппаратурой, позволяющей только поворачивать его направо

или налево. Управление таким кораблем стараются сделать универсальным, чтобы он мог выполнить по возможности больше команд, например, сделать разворот направо и налево, застопориться на месте, дать передний и задний ход, открыть огонь правым или левым бортом и т. д. Поэтому почти каждый управляемый объект при своей работе выполняет различные операции. Управлять каждой из этих операций, конечно, проще всего было бы посредством инди-



Фиг. 1. Скелетные схемы линий телеуправления.
а — индивидуальная; *б* — избирательная.

видуальной линии связи, предназначенной для подачи только одной команды, т. е. так, как это показано на фиг. 1,*а*.

Однако, такое использование аппаратуры и линий связи совершенно нецелесообразно, а иногда и вовсе технически неосуществимо. В таких случаях прибегают к помощи коммутирующих устройств селективного (избирательного) управления, в которых применяются промежуточные селекторные устройства, позволяющие уменьшить количество линий связи, а тем самым и число радиопередатчиков и радиоприемников. Наглядное представление о роли и работе такого устройства можно получить из скелетной схемы, приведенной на фиг. 1,*б*.

Как видно из рисунка, при телеуправлении рабочая часть управляемого объекта связана не непосредственно с соответствующим командным пультом, а заводится через селектор на один общий приемник, который и связан с передающим устройством, соединенным с пультом управления.

Промежуточные селекторные устройства, применяющиеся в телеуправлении, преобразуют посылаемый с распределительного пункта условный сигнал в замыкание соответствующей исполнительной цепи того или иного управляемого объекта (механизма).

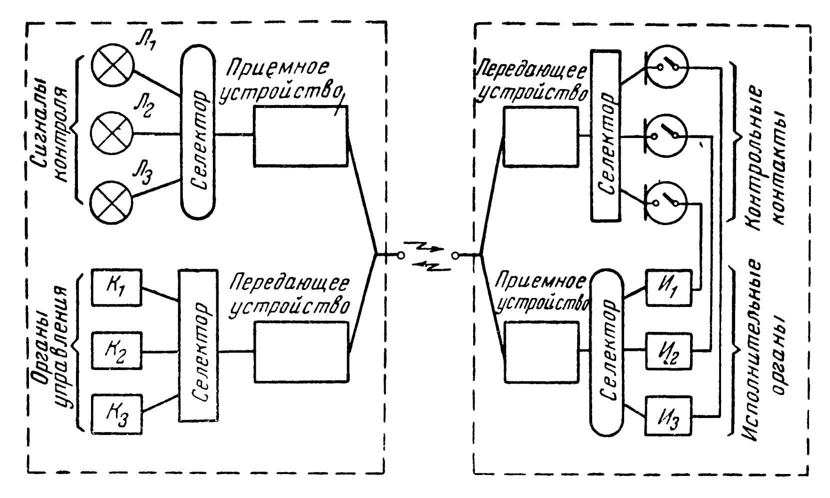
Как правило, подача распоряжений обычно производится путем посылки определенных импульсов электрического тока или их сочетаний. Приемная аппаратура, расположенная на исполнительном пункте, воспринимает все эти импульсы. Но так как она обладает селективным свойством, то каждому принятому сочетанию импульсов будет соответствовать срабатывание совершенно определенных местных элементов, приводящих к замыканию вполне определенных цепей исполнения.

Для того чтобы команды выполнялись всегда четко, необходимо рассчитать аппаратуру таким образом, чтобы она удовлетворяла всем требованиям надежности. С этими требованиями мы познакомимся подробнее при рассмотрении основных узлов радиоуправляемого тракта. В ответственных объектах для контроля за исполнением команд исполнительные пункты снабжаются устройствами обратной сигнализации, информирующими диспетчера о действительном положении и состоянии управляемых объектов, а также о принятии ими команд, посланных дежурным персоналом. Скелетная схема такого устройства приведена на фиг. 2.

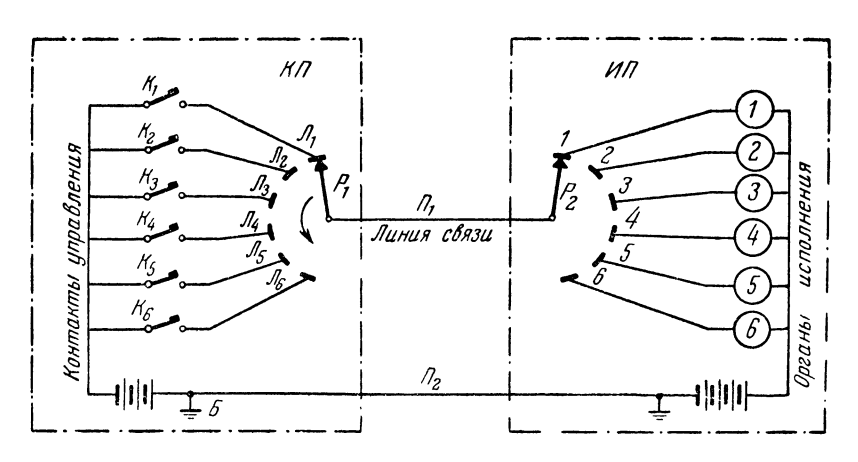
Сама селекция может осуществляться различными способами, например посылкой одиночных импульсов, качественно отличных друг от друга, или же посылкой серии импульсов, скомбинированных по различным характерным признакам.

Осуществить эту идею можно как на командном, так и на исполнительном пунктах при помощи установки специальных синхронно и синфазно работающих переключателей (так называемых «распределителей»); тогда один и тот же канал связи используется для управления несколькими цепями. Распределители осуществляют переключения канала связи одновременно с обоих концов на одноименные управляющие и исполнительные цепи поочередно для всех объектов.

Описанный принцип использования одного канала связи для передачи по нему (последовательно во времени) нескольких управляющих импульсов принято называть распределительным принципом селекции. Простейшая схема,



Фиг. 2. Скелетная схема телеуправления с обратной сигнализацией.



Фиг. 3. Схема распределительного принципа селекции.

иллюстрирующая такой принцип передачи команд, приведена на фиг. 3.

Изображенные на этом рисунке щетки двух распределителей P_1 и P_2, находящихся на командном (*КП*) и исполнительном (*ИП*) пунктах, соединяются между собой посредством линии связи. Линия связи может быть любой. Для

удобства пояснения работы распределителей на изображенном рисунке связь выбрана проводной.

К ламелям распределителя P_1 на *КП* подключаются контакты управления K_1, $K_2 \dots K_6$, замыкающие цепи питания батареи *Б*.

На исполнительном пункте к пластинам *1*, *2*, *3*, ..., *6* распределителя P_2 подключены объекты управления. Если теперь привести распределители P_1 и P_2 в синхронно-синфазное движение, то линия связи (провод $П_1$) начнет поочередно переключаться с обеих сторон на одноименные управляющие и управляемые цепи объектов. Так, в момент нахождения щеток распределителей на первых пластинах образуется следующая цепь: +*Б*, контакт K_1, 1-я пластина распределителя P_1, щетка распределителя P_1, линейный провод $П_1$, щетка распределителя P_2, 1-я пластина распределителя P_2, 1-й объект, линейный провод $П_2$, батарея *Б*. Так как контакт K_1 замкнут, то указанная цепь будет также замкнута, и таким образом произойдет передача команды.

В дальнейшем, при переходе распределителей на 2, 3-ю и следующие пластины, будут соответственно передаваться команды на 2, 3-й и т. д. объекты.

Таким образом, за время полного цикла переключений, совершаемых распределителями, каждый из переключателей окажется на некоторый промежуток времени соединенным с соответствующим ему одноименным исполнительным реле.

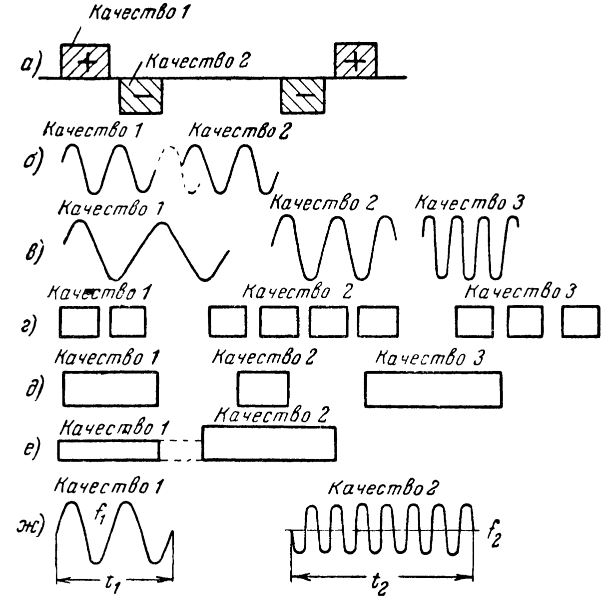
Из рассмотрения этой простейшей распределительной схемы видно, что число команд, которое можно передать при помощи этой схемы, равно числу пластин распределителя, т. е. числу последовательно передаваемых управляющих импульсов. Для увеличения числа команд или емкости распределительной системы необходимо каждому импульсу придать различные отличительные качества, например полярность, продолжительность и т. д.

Таким образом, мы вплотную подошли к шифрообразованию или кодированию сигнала. Задачи, стоящие перед селекторным устройством, заключаются в правильном составлении и контроле за составными частями шифра и выполнении только таких команд, которые соответствуют заданному шифру сигнала.

Однако, прежде чем перейти к методам шифрообразования сигнала, рассмотрим те отличительные качества, ко-

торые могут быть приданы импульсу для его отличия от другого.

а) Полярные качества. Как показывает самое название, здесь за качество импульса принята его полярность. Основных полярных качеств существует два: пер-



Фиг. 4. Виды качества сигналов.

а — полярные; *б* — фазовые; *в* — частотные; *г* — числовые; *д* — временные; *е* — амплитудные; *ж* — совмещенные.

вое — это ток положительного направления и второе — ток отрицательного направления (см. фиг. 4,*а*).

Однако, несмотря на то, что полярные качества являются одними из самых удобных и надежных, область применения их ограничена, так как использоваться они могут исключительно в установках, работающих при помощи проводных каналов связи. Применительно к радиолинии это качество может быть использовано лишь в случае наличия двух каналов связи, когда одному каналу будет соответствовать отрицательное направление, а второму положительное.

б) Фазовые качества. В некоторых случаях в виде качества могут быть использованы различия в фа-

зах переменного тока (фиг. 4,*б*). Обычно в целях надежности в виде второго качества используется сдвиг фазы на 180°, и поэтому число возможных фазовых качеств ограничивается также двумя. Фазовые качества в равной степени могут быть использованы как при проводных каналах связи, так и при разного рода частотных каналах. Применение фазовых качеств в последнем случае позволяет обойтись без всяких добавочных модулирующих устройств, так как для получения второго качества может быть использовано изменение фазы самой несущей частоты на 180°.

в) Частотные качества. В виде различных качеств для селекции используются также различия в частотах переменного тока (фиг. 4,*в*).

Большим и серьезным преимуществом частотных качеств является возможность использования для селекции довольно большого числа отличных друг от друга частот, причем это нисколько не отражается на надежности устройства (в том случае, конечно, если приемные устройства будут обладать достаточно острым резонансом).

При выборе частот, используемых в виде качеств, следует следить за тем, чтобы гармоники любой из этих частот ни в коем случае не совпадали с какой-либо из других частот, принятых за качество, или по крайней мере, чтобы уровень их не превышал 0,1—0,2 от амплитуды сигнала рабочей частоты, так как в противном случае они могут вызвать ложную реакцию на приемном устройстве.

В отношении каналов связи частотные качества, так же как и фазовые, допускают возможность работы при любых каналах связи.

г) Числовые качества. В виде качеств могут быть использованы также посылки отдельных серий импульсов тока, отличающиеся друг от друга различным количеством этих импульсов.

В отношении применимости к различным видам каналов связи числовые качества являются, пожалуй, наиболее универсальными.

Простейшим видом кодовой системы, основанной на применении числовых качеств, является так называемый «числовой код», в котором каждой команде соответствует посылка серии, состоящей из определенного числа импульсов (фиг. 4,*г*).

д) Временные качества. Временными качествами называются такие качества, различия между кото-

рыми определяются продолжительностью посылки тока или паузы.

Теоретически можно представить себе весьма большое количество подобных качеств, отличающихся друг от друга различной длительностью посылки (фиг. 4,*д*). Однако, практически значительное увеличение числа таких ступеней влечет за собой неприятные последствия — увеличивается время передачи команд, уменьшается надежность контроля качеств и т. д. Поэтому обычно используются лишь две временные ступени (длинный и короткий импульс), в редких случаях три.

К достоинствам временных качеств следует отнести их универсальность в отношении возможности использования любого вида каналов связи (проводного, радио и др.).

Выше упоминалось о том, что во временных системах в виде качества может быть использована как продолжительность импульса, так и продолжительность паузы. В первом случае рабочим элементом будет служить сам импульс, во втором — пауза.

Следует, однако, отметить, что совместное использование импульсов и пауз во временных системах влечет за собой некоторое уменьшение надежности, так как изменение качества какого-либо из импульсов или пауз может вызвать появление не одной, а двух ложных команд. Действительно, если, например, укоротится один из импульсов, то это естественно повлечет за собой удлинение примыкающей к нему паузы на соответствующий отрезок времени. При этом, если каждый импульс и пауза имеют самостоятельное значение (т. е. отнесены к различным объектам), то ложные команды воспримутся двумя объектами, соответствующими укороченному импульсу и удлиненной паузе.

е) Амплитудные качества. Как следует из названия, эти качества отличаются друг от друга величиной амплитуды тока, напряжения, мощности и т. д. Смена качеств подобного рода производится обычно простейшим путем — изменением величины добавочного сопротивления в цепи. Пример различных амплитудных качеств приведен на фиг. 4,*е*.

ж) Совмещение качеств. До сих пор мы рассматривали основные виды качеств в отдельности, однако в некоторых случаях может встать вопрос об увеличении числа команд или об увеличении надежности работы линии. В таких случаях целесообразно применять совмещение

качеств, вследствие чего команда будет иметь сложный характер и в ней могут быть совмещены, например, амплитудные качества с частотными, числовые с временными и т. д.

Для наглядного представления некоторые виды таких команд приведены на фиг. 4,*ж*.

Выше мы рассмотрели основные качества импульсов, к которым прибегают для увеличения емкости системы. Но не следует считать, что придание той или иной окраски управляющему сигналу нужно только для увеличения емкости системы и что в малоемкостной системе, где требуется выполнение всего одной или двух операций, можно обойтись очень простыми сигналами.

Нужно иметь в виду, что сложность сигнала зависит еще и от требований в части помехоустойчивости, которые предъявляются к прибору. Слабо защищенный от помех прибор будет подвержен сбоям или срабатываниям от ложных сигналов. Чем надежнее должна быть защита прибора от ложных срабатываний, тем сложнее должна быть команда, а следовательно, и аппаратура для ее образования (шифрования) и дешифрования. Положим, что для управления прибором нужно подать от передатчика всего один импульс (числовое качество) без какой-либо дополнительной окраски. Казалось бы, что при отсутствии командного импульса прибор работать не будет. Однако, в действительности срабатывание прибора не исключено от воздействия широкополосной помехи в виде, например, грозового разряда, или от мощного передатчика, случайно работающего на частоте, близкой к резонансной частоте радиоприемника прибора, и т. д.

Для того чтобы прибор от таких помех не срабатывал, его необходимо хорошо защитить. Очевидно, проще всего это сделать посредством придания управляющему импульсу еще одного дополнительного качества, например временного. Положим, что для управления прибором теперь необходимо подать импульс длительностью не менее 2 секунд. Совершенно очевидно, что при этом уже ни одна помеха грозового характера, длительность которой измеряется несколькими миллисекундами, сработать прибор уже не заставит. Однако, мешающая станция еще может привести его к ложному срабатыванию. Для того чтобы прибор не сработал, и от этих помех его следует защитить еще надежнее, например выбором команды в виде двух импульсов,

длительностью по несколько секунд и контролем паузы между ними.

О том, каким образом производится анализ импульсов и пауз, мы познакомимся в следующих главах, так как прежде чем перейти к способам шифрования и дешифрования команд, мы рассмотрим электромеханические (релейные) системы, посредством которых производятся все включения и переключения исполнительных цепей.

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

1. Реле

Для того чтобы принятая и расшифрованная команда произвела то или иное действие, она должна быть подана на особый механизм — исполнительное реле, которое своими контактами производит включение или выключение цепи питания мотора, двигателя или какого-либо другого прибора.

По своему устройству всякое реле состоит из двух частей: воспринимающей и исполняющей. Задача воспринимающей части в электрических реле заключается в восприятии и преобразовании электрической энергии управляющего импульса в механическую, а исполняющая часть служит для произведения необходимых переключений в управляемых цепях.

Всякое электрическое реле характеризуется чувствительностью, временем срабатывания и отпускания, габаритами и количеством независимо друг от друга включаемых цепей.

Чувствительность реле определяется величиной электрической мощности, которую необходимо подвести к реле, чтобы заставить его сработать. В силу этого чувствительность реле можно выражать через единицы мощности — ватты или милливатты.

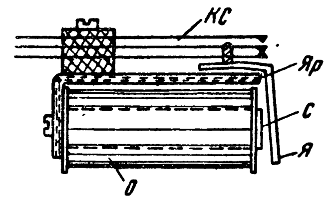
Однако, не следует считать, что срабатывание реле произойдет моментально, как только к реле будет подведен управляющий импульс. Полное срабатывание реле произойдет лишь спустя некоторое время, различное для различных типов реле.

В связи с этим реле делят на безинерционные, быстродействующие, обыкновенные и замедленнодействующие. К безинерционным реле относятся такие, время срабатывания которых очень мало — порядка тысячных долей

секунды, а к быстродействующим — реле с временем срабатывания не больше 0,04 сек. В отличие от быстродействующих обыкновенные реле имеют время срабатывания в пределах от 0,05 до 0,15 сек., а замедленнодействующие — от 0,15 сек. и больше.

При этом за время переходного состояния реле принимается время от момента появления или исчезновения воздействующего импульса до момента полного срабатывания.

Продолжительность переходных процессов при срабатывании реле и отпускании его после исчезновения импульса, как правило, отличаются друг от друга и зависят от регулировки реле. Каким образом производится эта регулировка, мы расскажем дальше.



Фиг. 5. Устройство электромагнитного реле.

Ознакомимся с работой и описанием наиболее распространенных реле, которые по характеру своей работы и устройству разделяются на электромагнитные, магнитоэлектрические, гальванометрические, тепловые и электронные

а) Электромагнитные реле. Реле этой группы (фиг. 5) являются наиболее распространенными и известными. Функции воспринимающей части в этих реле выполняют обмотка электромагнита *О*, ярмо *Яр*, сердечник *С* и якорь *Я*, а функции исполняющей части — контактная система *КС*, укрепленная на ярме.

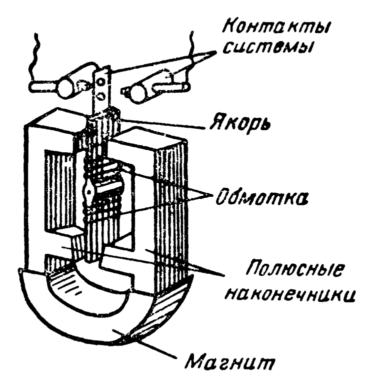
Переключение контактной системы *КС* у этого реле производится якорем *Я*, который притягивается к сердечнику *С* во время прохождения тока по обмотке *О*.

Магнитодвижущая сила, которая приводит в движение якорь, зависит от силы тока, проходящего в обмотке электромагнита, и количества ее витков. Так как эта зависимость пропорциональна произведению этих величин, то чувствительность реле часто выражают через это произведение, т. е. через ампервитки. Реле, срабатывающее при одних и тех же условиях, но при меньшей величине ампервитков, будет более чувствительным, чем реле, срабатывающее при бóльших ампервитках.

Чувствительность электромагнитных реле в значительной степени зависит также от конструкции воспринимающего устройства и количества переключаемых контактов,

т. е. от механического противодействия со стороны якоря при его притягивании. Для того чтобы повысить чувствительность реле при необходимом количестве контактов, необходимо правильно сконструировать воспринимающий орган — ярмо, сердечник и якорь.

Не приводя здесь расчета, который желающие могут найти в соответствующей литературе, мы приведем здесь лишь основные соображения по изготовлению реле.



Фиг. 6. Устройство поляризованного реле.

Для получения наилучших результатов необходимо, прежде всего, правильно выбрать форму и материал для магнитопровода. Форма его должна быть такова, чтобы длина магнитного пути была наименьшей. В качестве материала для магнитопровода следует применять сталь с малой коэрцитивной силой, например: сталь Армко, кремнистую сталь, пермаллой и другие. Ни в коем случае не следует применять стали, которые используются для изготовления постоянных магнитов, обладающих очень большой коэрцитивной силой.

Обмотку следует располагать таким образом, чтобы коэффициент заполнения был наибольшим; самой наилучшей обмоткой следует признать такую, в которой виток уложен к витку.

В некоторых реле для создания магнитного поля, кроме тока в рабочей обмотке, применяют еще дополнительный постоянный магнит. Такие реле в отличие от обычных электромагнитных называются поляризованными электромагнитными реле. Эти реле (фиг. 6) имеют дифференциальную магнитную систему, вследствие чего поток поля постоянного магнита всегда создает в них два тяговых усилия, направленных в разные стороны. При прохождении электрического тока через катушки реле, потоки, образующиеся в одном зазоре, например в левом, будут складываться, а в другом — вычитаться. В результате этого создается некоторое результирующее усилие, перебрасывающее якорь с одного контакта на другой. Направление движения якоря

будет зависеть исключительно от направления (полярности) тока в катушках.

Все типы поляризованных реле, как правило, отличаются высокой чувствительностью и большой скоростью действия, но имеют один крупный недостаток — их якорь при нормальной регулировке остается в том положении, в которое он был переброшен при последнем срабатывании, и не возвращается в исходное положение при исчезновении тока, как у нормальных электромагнитных реле.

Чувствительность обычных поляризованных реле составляет 0,005—0,01 *вт*, в то время как минимальная мощность, необходимая для срабатывания наиболее чувствительных нормальных реле, бывает порядка 0,1 *вт*. Минимальное время срабатывания поляризованных реле может быть получено порядка 0,002 сек.

Основные данные типовых реле приведены в табл. 1.

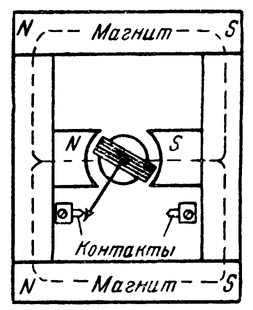
Таблица 1

Параметр \ Тип реле	Р-43	Р-64	Р-65	Р-67
Ампервитки срабатывания	3,5	2,0	2,2	5,0
Ампервитки отпускания	—	1,5	2,4	2,0
Количество витков обмотки	2×5 000	4 000	4 000	4 000
Мощность срабатывания, *вт*	0,1	0,03	0,032	0,1
Максимальная частота переключения якоря . . .	200	200	200	200

Реле, отрегулированное таким образом, что якорь его при своем перемещении может замыкать контакты по обе стороны от нейтрали (слева или справа), называется «настроенным на нейтраль». Если же якорь при обесточении притягивается всегда к одному и тому же полюсу, что достигается особой регулировкой положения якоря, то такая настройка носит наименование настройки «с преобладанием». Для получения такой настройки нужно упор реле переместить таким образом, чтобы зона передвижения якоря всегда располагалась по одну сторону от нейтрали. При такой регулировке сила притяжения якоря при обесточенной катушке, например с левой ее стороны будет всегда больше, чем с правой, поэтому при включении электромагнита якорь переместится вправо до упора, при исчезновении — снова возвратится влево.

б) Магнитоэлектрические (гальванометрические) реле. В основу работы магнитоэлектрических реле положен принцип работы измерительных приборов этого типа (см. фиг. 7). Воздействие на исполнительную часть в этих приборах происходит в результате взаимодействия потока постоянного магнита с потоком, создаваемым рамкой, обтекаемой током.

Контактная система в них состоит из стрелки, жестко укрепленной на рамке, и изолированного контакта, обычно устанавливаемого на мостике. Реле этого типа из-за их высокой чувствительности применяются, в основном, в тех приборах, где мощность принятого управляющего импульса весьма незначительна и недостаточна для управления более мощными электромагнитными реле. Чувствительность магнитоэлектрических реле может достигать чрезвычайно большой степени, однако надежность работы их с увеличением чувствительности понижается из-за ухудшения контактирования, затирания и разбаланса. Практически наивысшая чувствительность таких реле достигает 1—2 *мка* при сопротивлении рамки порядка 200—300 *ом*.



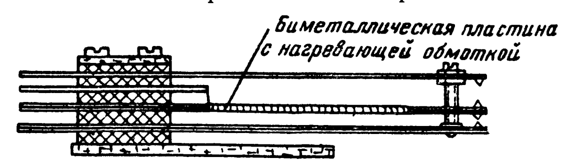
Фиг. 7. Устройство магнитоэлектрического реле.

Обладая большими преимуществами по сравнению с поляризованными реле в отношении чувствительности, магнитоэлектрические реле в то же время не обладают быстродействием; указанное выше реле при токе 1÷2 *мка* имеет время срабатывания порядка нескольких (2—3) секунд.

в) Тепловые (термические) реле. В отличие от вышеописанных реле, в которых для воздействия на исполнительные органы используется преобразование электрической энергии в магнитную, в тепловых реле для воздействия на те же органы используется тепловое расширение какого-либо тела, нагреваемого при помощи электрического тока. В качестве основного элемента воспринимающей части реле, реагирующего на изменение температуры, применяют легкоплавкие сплавы, твердые тела с различными коэффициентами линейного расширения, расширяющиеся жидкости и т. д.

Из всех этих материалов наиболее распространенным является биметалл, способность которого изгибаться при нагревании широко используется для изготовления тепловых электрических реле. Биметаллом называют спаянные или сваренные вместе полосы двух металлов с различными коэффициентами температурного расширения. В качестве составных частей биметалла выгодно применять такие пары, которые дают наибольшую разность коэффициентов температурного расширения. В настоящее время наиболее распространенными парами являются: инвар—сталь, инвар — латунь, инвар — константан и др.

Наиболее известным и распространенным типом промышленного теплового реле является реле завода «Красная



Фиг. 8. Устройство термореле.

заря», изображенное на фиг. 8. Это реле состоит из биметаллической пластины, являющейся одновременно и контактной пружиной, на которую намотана нагревающая обмотка из высокоомного провода, и двух дополнительных контактных пружин — верхней и нижней.

Регулировка реле производится в нормальном (холодном) состоянии и осуществляется таким образом, что биметаллическая пластинка осуществляет контакт с нижней контактной пружиной. При прохождении тока через обмотку последняя нагревается и нагревает биметаллическую пластинку, которая, благодаря различному коэффициенту расширения составляющих ее металлов, начинает изгибаться и вследствие этого производит переключение контактов.

Чтобы положение контактных пружин не менялось при изменении окружающей температуры, нижняя пластина делается также биметаллической; на нее в равной степени действует изменение окружающей температуры, вследствие чего обе пластины имеют одинаковый первоначальный изгиб.

Характерной особенностью работы тепловых реле является большое время срабатывания и отпускания. Практически время срабатывания может быть отрегулировано от 1 сек. до нескольких минут, а время отпускания от 0,5 мин.

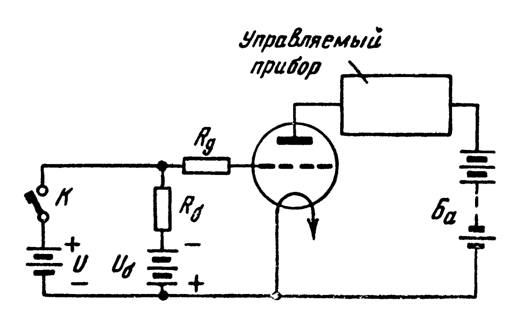
до 10 мин. и зависит от длительности управляющего импульса и окружающей температуры.

г) Электронные реле. Во всех рассмотренных случаях мы всегда говорили о той или иной конечной скорости действия реле. Однако, в некоторых случаях, особенно в быстродействующих приборах, скорость работы реле приобретает исключительное значение и в этих случаях приходится прибегать к так называемым безинерционным электронным реле.

Основным элементом электронного реле является электронная лампа, или тиратрон.

Простейшая схема электронного реле представлена на фиг. 9.

Работа этой схемы основана на свойстве лампы пропускать ток только тогда, когда рабочая точка смещена достаточно вправо от точки запирания, и не пропускать его, если смещение равно или больше напряжения запирания. Поэтому управление схемой производится отрицательным или положительным импульсом тока, который либо прекратит, либо усилит прохождение тока через лампу и управляемую цепь.



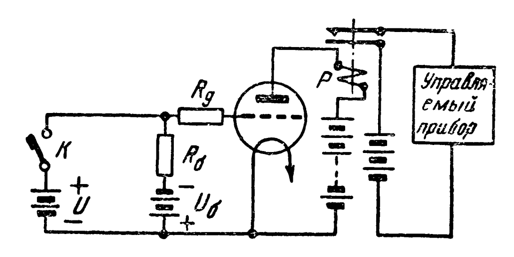
Фиг. 9. Схема электронного реле.

Электронное реле является весьма быстродействующим и чувствительным. Как правило, для срабатывания реле требуется мощность порядка $10^{-6} \div 10^{-12}$ *вт* при времени срабатывания около 10^{-9} сек.

В том случае, если изменение анодного тока электронной лампы для приведения в действие управляемого прибора недостаточно, то необходимо взять вместо радиолампы тиратрон.

Тиратрон представляет собой трехэлектродную лампу, наполненную газом (неон, аргон и др.) или парами ртути. Конструктивное выполнение тиратрона может быть подобно устройству вакуумной лампы и отличаться от последней лишь некоторыми техническими особенностями.

Если и в этом случае анодный ток будет недостаточным, то необходимо применить электромеханическую систему, состоящую из лампы и реле (фиг. 10). Такая комбинация



Фиг. 10. Схема чувствительного электромеханического реле.

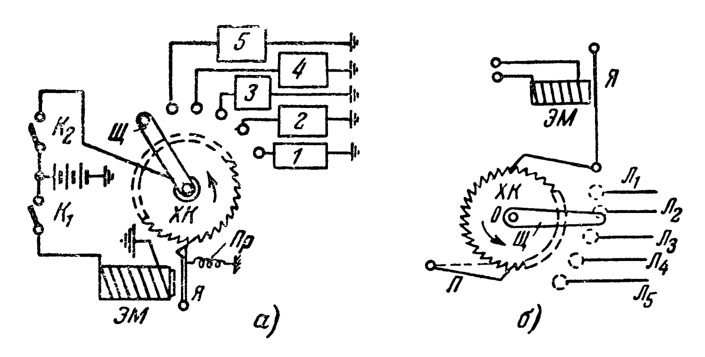
позволяет при очень высокой чувствительности воспринимающей части управлять значительными мощностями. Время срабатывания в этом случае естественно определяется временем срабатывания электромагнитного реле, однако в этом случае оно может быть уменьшено за счет увеличения лампой управляющего тока.

д) Распределители. Рассмотренные типы электрических реле имеют, как правило, два фиксированных положения. Однако, в телеуправлении весьма часто требуется, чтобы реле производило не два переключения, а несколько. В этих случаях применяются так называемые распределители, или, как их принято называть в автоматической телефонии, искатели.

Устройство и работу такого распределителя легко уяснить из рассмотрения схемы электромеханического устройства, показанного на фиг. 11,*а*.

Распределитель состоит из 3 основных частей: контактного поля, щетки *Щ*, укрепленной на храповом колесе *ХК* и вращающейся вместе с этим храповиком вокруг оси *О*, являющейся центром окружности, на дуге которой расположены контакты поля, и, наконец, движущегося механизма в виде электромагнита *ЭМ*, соединенного с центральной батареей.

Для выяснения работы распределителя положим, что мы имеем (как показано на рисунке) 5 исполнительных каналов, из которых нам необходимо подать ту или иную команду в третий канал. Работа распределителя в этом случае происходит следующим образом.



Фиг. 11. Электромагнитные распределители с обратным (*а*) и прямым (*б*) — ходом.

При замыкании контакта $К_1$ через обмотку электромагнита *ЭМ* проходит ток от батареи *Б*. Якорь *Я* электромагнита притягивается, растягивая пружину якоря *Пр*, и переводит собачку к следующему зубцу храпового колеса *ХК*, не приводя его пока в движение. Если теперь контакт $К_1$ разомкнуть, то цепь тока прервется, электромагнит размагнитится и пружина приведет якорь в положение покоя, причем собачка повернет храповое колесо на один зубец. Вместе с колесом повернется щетка *Щ*, которая и остановится на первом контакте поля распределителя.

Замкнув и разомкнув контакт $К_1$ вторично, мы передвинем щетку на следующий контакт поля и т. д.

Число зубцов или контактов, на которое передвигается щетка распределителя, будет соответствовать числу замыканий ключа $К_1$. Распределитель в этом случае будет делать столько шагов, сколько будет послано импульсов тока. Поэтому такие распределители называют ш а г о в ы м и.

В этой схеме электромагнит действует только при отпускании якоря. Такой способ приведения щеток в движение называется электромагнитным обратным приводом.

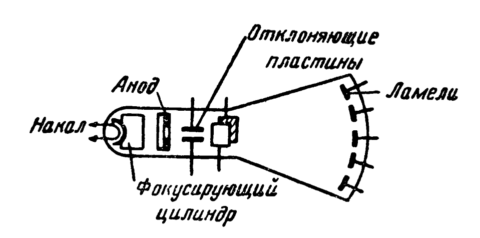
Наряду с вышеуказанными распределителями с обратным приводом в телеуправлении часто пользуются распределите-

лями с прямым приводом, отличающимися от обратного тем, что движение храпового колеса *ХК* происходит не во время отпускания реле, а во время его срабатывания.

Схема такого устройства показана на фиг. 11,*б*.

Рассмотренные выше типы распределителей непригодны, когда по условиям работы переключения контактов должны совершаться моментально.

Наиболее подходящим в этих случаях является так называемый электронно-лучевой распределитель. Устройство электронно-лучевого распределителя напоминает устройство трубки катодного осциллографа, отличаясь от него тем, что в распределителе флуоресцирующий экран заменен рядом дополнительных электродов, играющих роль контактных пластин (фиг. 12). Роль же щетки в электронно-лучевом распределителе выполняет пучок электронов, скользящий по этим пластинам. Развертка луча может быть как электростатической, так и электромагнитной, а управление его интенсивностью в соответствии с принимаемым импульсом, как и в телевидении, производится посредством модуляции на сетку или катод.



Фиг. 12. Электронно-лучевой распределитель.

Несмотря на некоторые преимущества электронных распределителей перед электромагнитными (безинерционность), большого распространения они не получили ввиду ряда присущих им недостатков, а именно:

а) Необходимости применения высоких анодных напряжений (порядка 500—1 000 *в*).

б) Необходимости применения вспомогательных генераторов развертки и усилителей, так как мощности электронного пучка для непосредственного управления исполнительным механизмом недостаточно.

в) Дороговизны, обуславливаемой сложностью изготовления, и др.

2. Условия надежной работы реле

Выше указывалось, что срабатывание реле при подаче импульса и отпускание его при окончании посылки тока происходит не сразу, а спустя некоторое время. Ясно, что для того чтобы реле сработало надежно, необходимо, чтобы время посылки импульса было больше времени срабатывания, а время паузы между окончившимся и следующим за ним импульсом должно быть более времени отпускания реле.

Для определения запаса надежного срабатывания и отпускания реле по времени существуют так называемые коэффициенты надежности по времени.

Если продолжительность посылки импульса обозначить через t_u, продолжительность паузы через t_n, минимально необходимое время для притяжения якоря через t_{cp} и минимальное время отпускания якоря через t_{omn}, то запас и коэффициент надежности по времени замыкания выразится как отношенне времени импульса к времени срабатывания реле, т. е.

$$S_{cp} = \frac{t_u}{t_{cp}},$$

а запас по времени размыкания — как отношение времени паузы к времени отпускания:

$$S_{omn} = \frac{t_n}{t_{omn}}.$$

Для получения надежной работы реле необходимо, чтобы оба коэффициента были возможно бо́льшими. Однако, значительное увеличение этих коэффициентов, если это не требуется специальными условиями, нецелесообразно, так как оно приводит к увеличению длительности команды. По этой причине коэффициенты надежности обычно выбираются в пределах 1,5—2.

Задаваясь тем или иным коэффициентом надежности, легко подсчитать время подачи импульса одной посылки. Так, если для шаговых распределителей принять $t_{cp} = 30$ *мсек* и $t_{omn} = 20$ *мсек* и при этом взять двойной запас по времени $S_{cp} = S_{omn} = 2$, то время импульса и время паузы будут соответственно равны $t_u = t_{cp} \cdot S_{cp} = 2 \cdot 30 = 60$ *мсек*, а $t_n = S_{omn} \cdot t_{omn} = 2 \cdot 20 = 40$ *мсек*.

Отношение времени длительности импульса к времени паузы $\left(K=\frac{t_u}{t_n}\right)$ называется импульсным коэффициентом. В вышеприведенном случае этот коэффициент равен $K=\frac{60}{40}=1{,}5$.

Из указанных значений t_u и t_n определяется величина периода полного импульса, равная $T=t_u+t_n=60+40=100$ *мсек* $=0{,}1$ сек.

Отсюда видно, что импульсы должны посылаться со скоростью не более, чем $\frac{1}{T}=\frac{1}{0{,}1}=10$ импульсов в секунду.

Но не следует считать, что при обеспечении необходимого запаса по времени мы создадим все условия для безотказной работы реле. Для правильной работы электромагнита распределителя или реле необходимо иметь еще определенный запас и по силе притяжения якоря. Этот запас, или коэффициент надежности, по силе притяжения S_p определяется как отношение создаваемой электромагнитом силы притяжения P к силе Q, требующейся для приведения якоря в движение, т. е.

$$S_p=\frac{P}{Q}.$$

Так как сила притяжения пропорциональна силе тока в обмотке электромагнита, то запас по силе притяжения есть не что иное, как отношение силы тока в электромагните при рабочем режиме к силе тока срабатывания реле.

Коэффициент надежности по силе притяжения также берется в пределах 1,5—2. Дальнейшее увеличение коэффициента нежелательно, так как приводит к лишнему потреблению питания.

Как правило, всякое изменение состояния реле (срабатывание или отпускание) приводит к изменению положения исполнительного органа: замыкаются, размыкаются или переключаются различные контакты. Поэтому контактная система является весьма важным элементом, определяющим качество и надежность действия реле и влияющих иногда даже на форму и размеры магнитной системы.

Количество контактов, срабатывающих при действии воспринимающего органа, бывает различным в зависимости от параметров и назначения реле.

Выполнение контактных систем, как и самих контактов, может быть также различным в зависимости от условий работы реле. Так, например, контакты с давлением 30 *г* и выше исполняются плоскими; при меньшем — один из контактов бывает плоским, а второй коническим или сферическим. Этим достигаются большие удельные контактные давления. Ширина контактной пластины должна быть такой, чтобы на ней свободно располагался тот или иной контакт.

При работе реле следует избегать нагревания, искрения и вибрации контактов, так как в противном случае срок надежной работы контактной системы резко сокращается.

Нагрев контактов зависит от величины переходного сопротивления контактов и величины протекающего через них тока. Для уменьшения переходного сопротивления необходимо увеличить контактное давление. Однако, последнее нельзя увеличивать в сколько-нибудь значительных пределах, так как это приводит к заметному огрубению реле. Поэтому в высокочувствительных реле давление на контактах бывает в пределах 1—2 *г*; чувствительные реле изготавливаются с давлением 5—10 *г*; в телефонных реле давление достигает 20—25 *г*, а в реле автоматики — 50—100 *г* и выше.

При размыкании цепей с индуктивностью всегда возникает экстраток размыкания; в особенности это заметно в цепях с электромагнитами, которые накопляют значительную магнитную энергию. Вследствие этого на контактах разрыва возникают перенапряжения, под действием которых воздушный промежуток в размыкающемся контакте пробивается и в нем появляется искра. Образование искры, в особенности при большой величине тока, вызывает разрушение контактов. По этой причине для уменьшения вредного влияния на контакты от искрообразования электрические цепи, в которых ожидается или наблюдается возникновение перенапряжений и искрообразование, снабжаются искрогасительными контурами, состоящими из сопротивлений и конденсаторов.

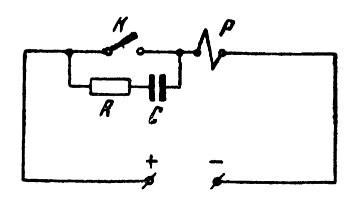
Наиболее распространенной схемой искрогашения является схема присоединения конденсатора C и сопротивления R параллельно контакту K (фиг. 13).

Величину сопротивления и емкости конденсатора искрогасительных контуров обычно подбирают так, чтобы напряжение на контакте при разрыве не превышало напряжения источника тока. Хотя искрогасительные контуры и не обес-

печивают полного гашения искры, но все же в достаточной степени уменьшают искрообразование и связанное с ним разрушение контактов.

Для предохранения контактов от преждевременного разрушения и обеспечения надежности действия реле необходимо также не допускать вибраций контактных пружин. Надежным средством против вибрации является наличие достаточного контактного давления.

Материалы для контактов должны быть твердыми и механически прочными, устойчивыми против коррозии и эрозии, легко обрабатываемыми, должны обладать высокой тепло- и электропроводностью. В современной практике основными материалами для контактов являются серебро, платина и ее сплавы (платиноиридий, платинопалладий) и вольфрам.



Фиг. 13. Схема искрогасящего контура.

Из перечисленных выше материалов серебро является наиболее дешевым, легко обрабатывается и обладает хорошей электропроводностью. Окисление серебряного контакта, происходящее при искрении или под действием окружающих условий, не нарушает сколько-нибудь заметно его электрических качеств, так как образующаяся окисная пленка является хорошим проводником. Серебряные контакты применяются при давлениях порядка 5 *г* и выше.

В том случае, если контактное давление будет меньше 5 *г*, как, например, в большинстве гальванометрических реле, следует применять контакты из платины или ее сплавов, так как эти материалы вообще свободны от окисных пленок, дают малое переходное сопротивление и легко обрабатываются. Применяются они в реле с контактным давлением от 1 до 5 *г*.

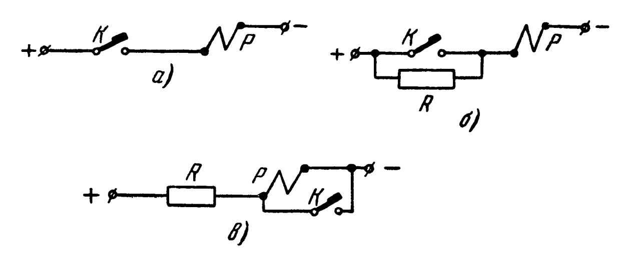
В противоположность этим материалам вольфрам применяется в реле с тяжелыми условиями работы при больших давлениях, т. е. там, где необходимо производить переключения цепей с большим напряжением и током.

Конечно, в случае отсутствия указанных материалов, они могут быть заменены другими, однако надежность работы реле от этого снижается.

3. Элементы релейных схем

Очевидно, что прежде чем переходить к разбору способов составления электрических схем тех или иных управляемых приборов, нам следует рассмотреть, как можно использовать то или другое реле и какие результаты от этого можно ожидать. Для этого прежде всего ознакомимся с обозначениями и начертаниями, принятыми в телемеханике и автоматике.

Мы видели раньше, что каждое реле состоит из воспринимающей части, представленной магнитопроводом и обмот-



Фиг. 14. Способы включения реле.

кой, и исполнительной части, состоящей из контактов. Последние в зависимости от конструкции могут принимать различное положение: они могут быть нормально замкнутыми, нормально разомкнутыми, работать на переключение и т. д.

Схематическое обозначение таких контактов, как и самих реле, представлено в табл. 2.

Воспользовавшись вышеприведенными обозначениями, попробуем составить некоторые схемы включения и выключения реле, которые, вообще говоря, весьма разнообразны. Разнообразие это определяется в основном условиями, в которых должны работать те или иные реле.

Наиболее простым способом включения и выключения реле является схема, в которой реле *P* управляется последовательно включенным ключом *K* (фиг. 14,*а*). Соединение контактов ключа приведет к замыканию электрической цепи, а следовательно, к срабатыванию реле; выключение же их вызовет прекращение тока и отпускание реле.

Нетрудно заметить, что отпускание реле, в данном случае, возможно лишь при отсутствии тока. Однако, в некоторых схемах это не всегда удобно; поэтому их составляют таким образом, чтобы ток в цепи протекал все время неза-

висимо от того, находится ли реле в рабочем или нерабочем положении. Для такого случая может быть применена схема фиг. 14,*б*.

На этой схеме цепь реле все время остается замкнутой через сопротивление R. Величина этого сопротивления выбирается таким образом, чтобы ток, протекающий через обмотку реле, был недостаточен для его срабатывания и меньше тока отпускания. Возбуждение реле производится замыканием ключа K, закорачивающего сопротивление R.

Для обеспечения надежного отпускания реле необходимо сопротивление R выбрать такой величины, чтобы соблюдалось неравенство:

$$I = \frac{U_б}{R_p + R} < 0{,}5 \div 0{,}65 I_{отп},$$

где R_p — сопротивление обмотки реле;

$U_б$ — напряжение источников питания;

$I_{отп}$ — ток отпускания реле.

Если это условие не будет соблюдено, то якорь реле после размыкания ключа K останется притянутым. В этом случае придется произвести кратковременное размыкание дополнительного контакта, включаемого в общую цепь.

В некоторых случаях, когда протекание тока через реле недопустимо, например в случае наличия в цепи высокочувствительного гальванометрического реле, применяются схемы с шунтированием реле (фиг. 14,*в*). Величина сопротивления в этой схеме подбирается так, чтобы:

$$I = \frac{U_б}{R_p + R} = (1{,}5 \div 2)\, I_{ср},$$

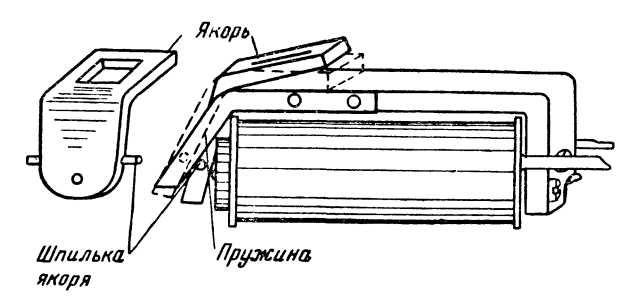
где $I_{ср}$ — ток ср батывания.

Возбуждение реле производится размыканием ключа K, закорачивающего обмотку реле, а сброс — посредством его замыкания. Следует отметить, что благодаря шунтированию ключом обмотки отпускание реле будет происходить с некоторым замедлением. Это замедление происходит от того, что ток в реле при размыкании цепи спадет не мгновенно, а через некоторое время, так как его спаду противодействует экстраток размыкания, величина которого будет тем больше, чем больше индуктивность обмотки и чем меньше активное сопротивление цепи.

Таблица 2

1		Катушка нейтрального реле	7		Контакт на размыкание (нормально замкнутый)
2		Катушка замедленного нейтрального реле (с медной гильзой)	8		Переключающие контакты реле
3		Катушка двухобмоточного нейтрального реле	9		Мостовой (переходный) контакт
4		Поляризованное реле	10		Контакты кнопки
5		Термическое реле (термогруппа)	11		Контактное поле распределителя
6		Контакт на замыкание (нормально разомкнутый)			

Разбирая способы включения реле, мы видели, что длительность нахождения реле в возбужденном состоянии определяется временем, в течение которого управляющий контакт будет замкнут. Однако, при решении тех или других задач иногда необходимо поставить реле в такой режим, чтобы оно, раз сработав, не отпустило бы якоря и при окончании управляющего сигнала, т. е. заблокировалось. При



Фиг. 15. Метод осуществления самоблокировки якоря пружиной.

этом блокировка может быть осуществлена как механическим, так и электрическим путем.

Наглядным примером выполнения механической блокировки является блокировка, показанная на фиг. 15, а электрической — на фиг. 16.

Механическая блокировка по своему устройству весьма проста и, как видно из рисунка, для ее осуществления требуется лишь одна пружина, которая защелкивает якорь, когда он притянется к сердечнику.

Схема 16 представляет собой простейшую схему электрической самоблокировки реле через рабочую обмотку.

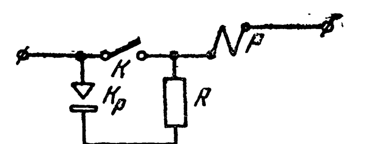
Цепь возбуждения здесь выполнена подобно фиг. 14,*а*, но кроме нее имеется еще одна дополнительная питающая цепь, проходящая через соответствующий контакт K_p, установленный на реле P. До тех пор пока реле не возбуждено, этот контакт разомкнут, и дополнительная цепь, т. е. цепь блокировки, не оказывает никакого влияния на его работу. Однако, при срабатывании реле цепь блокировки замыкается, и с этого момента реле питается уже независимо от включения ключа K. Выключение реле теперь возможно осуществить только лишь при воздействии на цепь блокировки. Сопротивление R, установленное в цепи блокировки,

служит для уменьшения тока, так как для удержания якоря в притянутом состоянии требуется меньше ампервитков, чем для его притяжения, и поэтому за счет этой разницы можно сэкономить питание. Величина этого тока подбирается таким образом, чтобы по абсолютной величине он был в 1,5 раза больше тока отпускания.

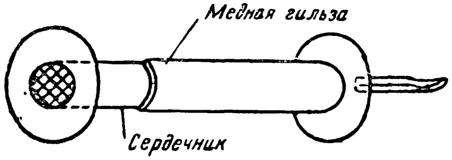
Но иногда требуется не заблокировать реле, а лишь несколько уменьшить или увеличить время срабатывания или отпускания того или другого реле.

Одним из наиболее часто встречающихся методов замедления срабатывания реле является метод короткозамкнутой вторичной обмотки. Конструктивно такая обмотка может быть выполнена либо в виде дополнительной обмотки, состоящей из нескольких слоев оголенной проволоки, либо в виде медной гильзы, помещаемой на сердечник реле (фиг. 17). Время замедления в этом случае зависит от площади сечения дополнительной обмотки или гильзы и будет тем бóльшим, чем больше будет эта площадь.

Хотя с помощью медных гильз и удается получить достаточно большие замедления, однако этот метод не всегда является удобным, потому что реле с короткозамкнутой обмоткой обладает замедлением как при срабатывании, так и при отпускании, т. е. двухсторонним замедлением, а по характеру работы схемы может потребоваться, чтобы одно и то же реле в одном случае имело небольшое замедление, а в другом — большое.



Фиг. 16. Схема электрической самоблокировки.



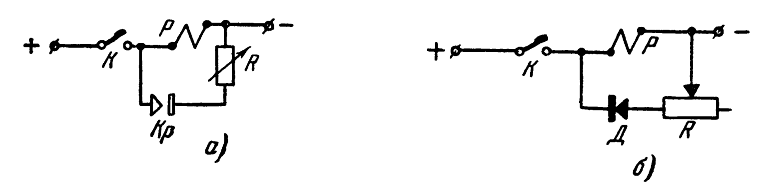
Фиг. 17. Установка медной гильзы для замедления работы реле.

В таких случаях приходится прибегать к различным комбинированным или чисто схемным методам замедления.

Из этих методов в первую очередь следует рассмотреть метод шунтирования обмотки реле омическим сопротивлением (фиг. 18,*а*) с целью создания цепи для прохождения экстратока размыкания, индуктирующегося в обмотке при выключении ее питания. В этом случае величина получаемого замедления зависит от величины шунтирующего

сопротивления R, и будет тем большей, чем меньше будет его сопротивление.

Таким образом, изменяя величину R в некоторых пределах, можно изменять и время срабатывания реле.



Фиг. 18. Электрические методы замедления отпускания реле.

Контакт реле K_p, замыкающийся после срабатывания реле, введен в схему для того, чтобы отключать шунтирующую цепь в момент срабатывания и тем самым предотвратить уменьшение чувствительности реле.

Недостатком этой схемы является бесполезное расходование энергии в сопротивлении R, когда оно находится под током. Этот недостаток может быть легко устранен путем применения в качестве шунтов сопротивлений, обладающих односторонней проводимостью, т. е. выпрямителей. На фиг. 18,*б* показана схема замедления реле при помощи купроксного выпрямителя *Д*, подключенного параллельно обмотке реле P в направлении, противоположном направлению питающего тока. Такая схема почти не будет потреблять на себя энергии в то время, когда ключ замкнут. В момент же выключения реле сопротивление купроксного элемента будет незначительным и поэтому время замедления будет зависеть только от величины сопротивления R.

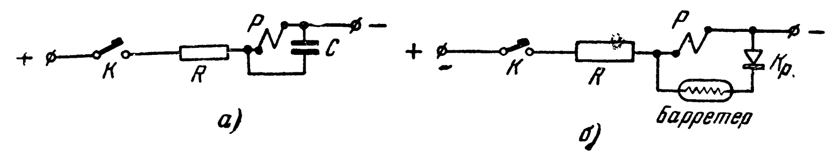
Здесь может возникнуть вопрос, как надо поступить в том случае, когда требуется замедлить не время отпускания, а время срабатывания? Вспомним работу распределителя, который при избирательном переключении должен «проскочить» через промежуточные каналы. Это лучше всего может быть обеспечено дополнительными реле, имеющими большое время срабатывания.

Простейшей схемой, позволяющей замедлить время срабатывания, является схема, изображенная на фиг. 19,*а*. Здесь обмотка реле P шунтируется не сопротивлением, а конденсатором C. Применение емкостного шунта вызвано тем, что для нарастающего тока, который получается в момент включения реле, конденсатор представляет значитель-

но меньшее сопротивление, чем обмотка реле, имеющая индуктивный характер.

После замыкания ключа K конденсатор C до окончания процесса своего заряда будет оказывать шунтирующее действие на обмотку реле и тем самым затягивать нарастание тока в ней; вследствие этого затянется и время срабатывания реле.

Однако, эта схема не может обеспечить достаточно большого замедления срабатывания. В тех случаях, когда замедление срабатывания должно достигать нескольких де-



Фиг. 19. Электрические схемы замедления срабатывания реле.

сятков долей секунды и выше, приходится пользоваться схемами, в которых в качестве замедлителей используются или обычные осветительные лампы, или бареттеры, увеличивающие сопротивление своих нитей по мере их нагревания.

Одна из таких схем показана на фиг. 19,*б*. Контакт K_p, находящийся на реле и включенный в цепь бареттера, отключает его, когда реле сработает, так как в противном случае бареттер производил бы замедление и во время отпускания якоря.

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

1. Радиоприемники

Радиоприемные устройства содержат в своем составе радиоприемник и дешифратор.

Дешифратор должен проанализировать приходящую команду и исполнить ее, если она соответствует принятому шифру, или отфильтровать ее, если она неправильна.

Таким образом, на него возлагается защита приемного прибора от ложных команд.

В связи с тем, что в настоящей брошюре речь идет о телеуправлении применительно к радио, то для обеспечения связи между командным прибором и исполнительным

механизмом должно существовать промежуточное звено — радиолиния. Для нормальной работы такой линии необходимы радиопередатчик и радиоприемник.

Рассмотрим вкратце те условия, которыми определяется выбор той или другой схемы приемника.

Во-первых, необходимо точно определить, какие функции должен выполнять данный прибор. От этого зависит род питания и тип применяемых ламп.

Приемное устройство будет только тогда достаточно надежным, когда оно будет иметь необходимую чувствительность и выходную мощность, когда настройка его будет стабильной и на нее не будут оказывать влияние температура, давление и тряска.

Говоря о надежности приема, мы подходим к некоторым тонкостям регулировки приемников телемеханических устройств. Дело в том, что широковещательная аппаратура, к которой мы привыкли в повседневной жизни, обычно работает при достаточно стабильных факторах температуры, влажности и т. д. Кроме того, неточность настройки или уход частоты от каких-либо причин (например, при изменении напряжения в сети переменного тока) могут быть легко ликвидированы подстройкой.

В телеуправляемых механизмах, где отсутствует возможность вмешательства человека, требования к стабильности резко возрастают. Поэтому для настраивающихся контуров должны применяться детали с малым температурным коэффициентом, а полоса пропускания должна быть настолько широкой, чтобы при некотором совместном изменении частоты приемного контура и частоты передатчика сигнал не выходил из полосы пропускания и был принят устройством. Казалось бы, что для надежного приема полосу следует расширить настолько, чтобы прием сигнала был обеспечен всегда. Однако, такое желание несовместимо с условием получения максимального усиления и защиты от помех. Чем шире полоса контура, тем меньшее усиление может быть обеспечено им, тем легче пройдут через него помехи и тем меньше защищен будет прибор от ложных срабатываний и сбоев. Поэтому полоса пропускания приемного тракта должна быть по возможности узкой, чтобы обеспечить лишь уверенный прием.

Исходя из этих условий, попробуем хотя бы грубо оценить количественно необходимую полосу пропускания.

Предположим, что для управления приборами мы выбрали сигналы, отличающиеся друг от друга частотой модуляции (частотные характеристики сигнала). При этом для удобства наивысшую кодовую частоту возьмем порядка 15 000 *гц*. Связь между командным и управляемым прибором осуществляется посредством радиолинии при несущей частоте, равной 7,5 *мггц*.

Очевидно, что для приема такого сигнала без искажения необходимо иметь минимальную полосу пропускания, вполне достаточную для приема обеих боковых частот, т. е. порядка $2F = 2 \cdot 15\,000 = 30\,000$ *гц*, что при несущей $f = 7{,}5$ *мггц* соответствует добротности контура $Q_1 = \frac{f}{2F} = \frac{7{,}5 \cdot 10^6}{30 \cdot 10^3} = 250$.

Допустим, что при изменении температуры на $\pm 30°$ девиация резонансной частоты приемника, вызванная отклонением величины индуктивности и емкости от номинальной, будет равна $\Delta f' = \pm 3\,000$ *гц*.

Очевидно, что для того, чтобы управляющий сигнал прошел без завала при всех отклонениях температуры в указанных выше пределах, полоса пропускания контура не должна быть уже, чем $2F + 2\Delta f'$, т. е. 36 000 *гц*.

Однако, при этих вычислениях мы предполагали, что частота передатчика остается все время постоянной. В действительности же ни один из обычных передатчиков не имеет такого постоянства частоты, чтобы с уходом ее можно было не считаться. Эта нестабильность вызывается изменениями окружающей температуры, влажности, изменениями режима питания и т. д.

Не анализируя сейчас этот вопрос подробно, будем считать, что максимальная девиация частоты передатчика от всех причин в сумме составляет $\Delta f'' = \pm 2\,000$ *гц*. Ясно, что этот уход частоты передатчика должен быть учтен при проектировании приемника, путем расширения его полосы пропускания, которая должна быть теперь не менее

$$2F + 2\Delta f' + 2\Delta f'' = 30\,000 + 6\,000 + 4\,000 = 40\,000 \text{ гц},$$

что соответствует добротности $Q' = 187$, а это приводит к уменьшению усиления примерно в $\frac{Q}{Q'} = \frac{250}{187} = 1{,}3$ раза. Кроме того, возможность мешания возрастает при этом в несколько раз.

Габариты прибора и его вес должны быть возможно меньшими. Определяющими моментами в этом вопросе является применение наивыгоднейшего по весу и объему источника питания, так как чем меньше будут источники питания, тем меньше и легче будет прибор. Но это требование может быть выполнено только тогда, когда в схеме приемника будут применены экономичные батарейные лампы, а само количество их будет сведено до минимума, обеспечивая, однако, необходимую чувствительность прибора с полутора-двухкратным запасом.

Схема приемника может быть как супергетеродинной, так и прямого усиления или суперрегенеративной. Последняя схема, хотя и обеспечивает большую чувствительность при минимуме каскадов усиления, но может быть применена лишь в диапазоне коротких и ультракоротких волн.

Выбрав схему приемника и задавшись продолжительностью работы прибора, можно подсчитать расход электроэнергии и выбрать соответствующие источники питания.

Допустим, что мы проектируем радиоприемное устройство для модели управляемого танка с бензиновым двигателем.

Такая модель работает в течение 2—3 часов и перемещается в радиусе 3—4 *км.*

Вполне очевидно, что приемное устройство в этом случае должно быть миниатюрным и легко обеспечивать надежный прием. Здесь может быть предложена следующая схема: каскад усиления высокой частоты (для уменьшения излучения)—детектор и каскад усиления низкой частоты. Для этой схемы могут быть выбраны лампы одно- или двухвольтовой сети, например, 1Ж2М или 2Ж2М, так как они имеют самый экономичный подогрев нити накала. В качестве анодной батареи может быть взята наименьшая из существующих типов батарея БАСГ-70.

В том случае, когда управляемый объект является стационарным, то вопросы питания не являются сколько-нибудь решающими. Поэтому в этих объектах основное внимание нужно уделять лишь разработке схемы приемника и селектора, которые должны обеспечить надежную работу прибора.

Как правило, выходные каскады приемных устройств тем или иным способом (в зависимости от выбранной схемы) связываются с дешифраторами, к описанию которых мы и переходим.

2. Дешифраторы

Допустим, что посланный с командного пункта управляющий сигнал принят, продетектирован и подан с приемника на дешифратор, чтобы, пройдя через последний, включить соответствующую исполнительную цепь. Однако, это включение произойдет только в том случае, если принятый сигнал соответствует по своему характеру заданной шифром форме. Если же этот сигнал является ложным и не соответствует правильной рабочей команде, то дешифратор отфильтрует его и команда не будет исполнена.

По своему устройству и принципу работы дешифраторы весьма разнообразны. В настоящей брошюре мы рассмотрим лишь некоторые, наиболее характерные из них. При этом следует помнить только одно, что форма сигнала команды должна быть достаточно сложной, чтобы ложная команда, поданная намеренно для приведения прибора в действие, или же помеха промышленного или атмосферного характера не могли оказать свое действие.

Рассмотрение работы дешифраторов мы начнем с наиболее распространенного вида их, а именно — с частотного.

а) Частотные дешифраторы. Среди разнообразных систем дешифраторов частотные являются наиболее удобными и универсальными.

К этой группе относятся дешифраторы, исполнительная часть которых срабатывает только при совпадении частоты подведенного напряжения с частотой собственных колебаний электрических контуров или электромеханических систем, входящих в дешифратор.

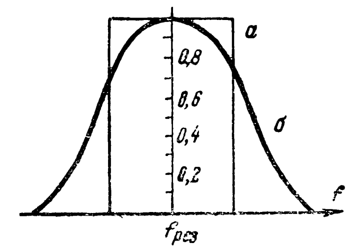
Понятно, что шифрование сигнала может быть произведено посредством выбора как несущей, т. е. по высокой частоте, так и частоты модуляции, т. е. по низкой частоте, или же, наконец, комбинацией обеих частот.

В случае применения высокочастотного шифрования простейшим дешифратором является обычный приемный контур.

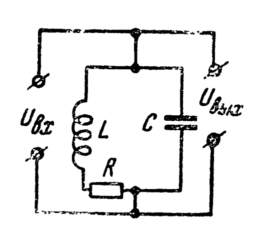
Частотный дешифратор может быть настроен как на импульс переменного тока синусоидальной формы, так и на импульс тока, имеющий несколько составляющих разной частоты. В соответствии с этим и фильтрующий элемент должен являться либо одночастотным, т. е. настроенным на одну частоту, либо многочастотным, настроенным на комбинацию частот, приходящих одновременно или последовательно друг за другом.

Для того чтобы дешифрующая схема реагировала только на импульсы заданной частоты, необходимо, чтобы она обладала высокой избирательностью и через нее проходила бы без завала лишь частота сигнала, а все прочие частоты отфильтровывались.

Для обеспечения надежного срабатывания исполнительного элемента необходимо, чтобы выходное напряжение приемника для полосы частот, близких к резонансной, оставалось бы неизменным и было максимально; при этом ширина полосы должна быть такова, чтобы при максимальных взаимных расстройках частота генерируемых колебаний (высокочастотных или низкочастотных) находилась в пределах этой полосы.



Фиг. 20. Полосы пропускания частотных дешифраторов.
а — идеальная; *б* — реальная.



Фиг. 21. Колебательный контур с сосредоточенными параметрами.

Посылка команды, состоящей из нескольких импульсов одной частоты, напоминает передачу при телеграфном манипулировании, поэтому дешифратор, имеющий весьма высокую избирательность, т. е. пропускающий узкую полосу частот, исказит принятый сигнал и работа исполнительного элемента будет нечеткой.

Чем меньше продолжительность импульсов и пауз, т. е. чем быстрее происходит передача заданной серии импульсов, тем шире должна быть полоса пропускания фильтрующего элемента дешифратора.

В пределах этой полосы дешифратор должен воспринимать все частоты без завала: вне этой же полосы он не должен давать никакого напряжения на выходе.

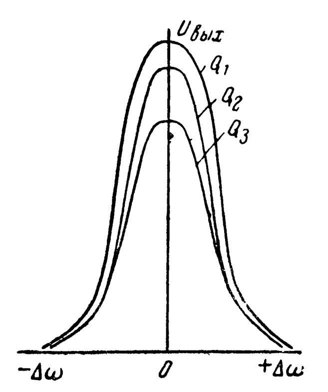
Идеальной при этом будет такая кривая избирательности, которая имеет прямоугольную форму (фиг. 20,*а*).

Однако, известно, что получить избирательность с такой формой кривой представляется весьма затруднительным.

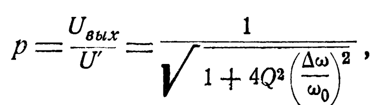
Практически кривая, даже при применении сложных фильтров, имеет более пологие скаты (фиг. 20,*б*).

В настоящей брошюре, разбирая электрический контур, мы говорим о нем лишь как об анализирующем фильтрующем элементе, способном отличить частоту управляющего импульса среди прочих других частот. Наиболее простым в этом случае будет обычный замкнутый колебательный контур с параметрами L, C и затуханием $\delta = \frac{R}{\omega L} = \frac{1}{Q}$, показанный на фиг. 21.

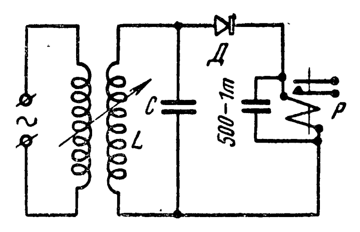
Зная эти параметры, нетрудно определить коэффициент избирательности контура по формуле:



Фиг. 22. Кривая зависимости выходного напряжения от расстройки и добротности контура.



$$p = \frac{U_{вых}}{U'} = \frac{1}{\sqrt{1 + 4Q^2\left(\frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right)^2}},$$



Фиг. 23. Схема простого частотного дешифратора.

где $U_{вых}$ — напряжение при резонансе, а

U' — напряжение при некоторой расстройке.

На фиг. 22 показана кривая $U_{вых}$ в зависимости от $\Delta\omega$ и Q. Схема с применением такого контура для дешифрования приведена на фиг. 23.

Однако, одиночный контур не обеспечивает должной избирательности, и потому на выходе лампы возможно появление тока от сигнала другой частоты, в случае если он по амплитуде будет достаточно велик. Значительно более избирательны схемы с применением полосовых фильтров и электронных ламп, позволяющие значительно повысить чувствительность фильтров.

На фиг. 24 приведена одна из интересных схем, обладающая высокой избирательностью и чувствительностью.

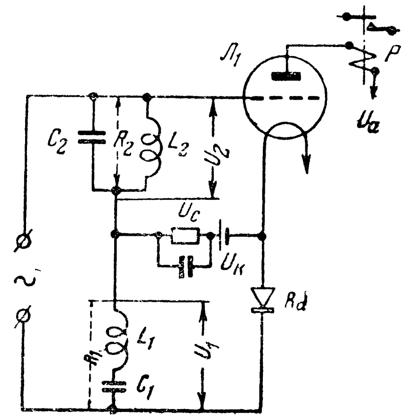
В этой схеме лампа $Л_1$ работает в режиме анодного детектора, который обеспечивает наличие постоянной составляющей лишь при появлении сигнала на управляющей сетке совпадающего по частоте с собственной частотой контура.

На схеме R_d — детектор, обладающий односторонней проводимостью, P — электромагнитное реле.

Пусть частота подведенного напряжения U равна

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}} = \frac{1}{\sqrt{L_2 \cdot C_2}},$$

тогда $U_2 \gg U_1$, ибо $\frac{L_2}{C_2 \cdot R_2} > R_1$, так как сопротивление контура L_1C_1 при последовательном включении равно лишь чисто омической величине R_1.



Фиг. 24. Схема избирательного селектора.

Вследствие этого постоянная составляющая анодного тока возрастает и реле срабатывает.

В том случае, если напряжение возбуждения не совпадает с резонансной частотой контуров, то U_2 падает, а U_1 растет. Ток, выпрямленный детектором R_d, дает при этом постоянное падение напряжения U_c на нагрузочном сопротивлении R_k.

При соответствующей полярности детектора напряжение U_c обуславливает дополнительное отрицательное смещение на сетку лампы. Таким образом, расстройка по частоте приведет к сдвигу рабочей точки характеристики влево и к уменьшению амплитуды переменного сеточного напряжения U_2.

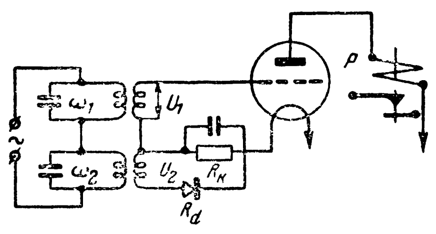
Постоянная составляющая анодного тока при этом понижается и может стать меньше тока срабатывания реле.

Более сложным видом высокочастотного селектора является двухчастотный селектор.

Двухчастотным селектором мы назовем прибор, срабатывающий при воздействии на его воспринимающую часть переменного тока, составленного из двух заданных частот.

Подобные приборы могут применяться двояко: либо *один* исполнительный элемент реагирует на разнообразные комбинации этих частот, либо *два* самостоятельных исполнительных элемента реагируют порознь на каждую из составляющих наведенного напряжения и приводят в исполнение два различных узла.

В первом случае исполнительная часть дешифратора срабатывает лишь при воздействии обеих составляющих, не реагируя на каждую из составляющих в отдельности. При подобном решении задачи наличие двух частот способствует повышению надежности работы телемеханических устройств, понижая вероятность срабатывания селекторных устройств от всяких случайных и преднамеренных мешающих сигналов.



Фиг. 25. Схема двухчастотного селектора.

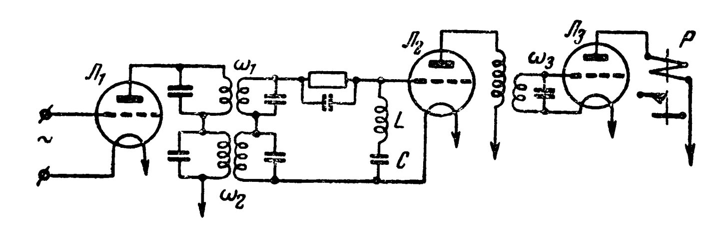
Во втором случае дешифратор дает возможность посылкой любой из составляющих или их комбинации осуществить раздельное управление двумя исполнительными релейными механизмами. При подобном решении задачи дешифратор играет роль лишь фильтрующего звена в селекторной схеме, напоминая работу одночастотного дешифратора.

Рассмотрим случаи, когда подводимое напряжение имеет составляющие частоты ω_1 и ω_2, близкие по величине. Для определенности ω_1 больше ω_2 в 1—4 раза, так как в случае $\omega_1 \gg \omega_2$ мы будем иметь случай наличия обычного высокочастотного колебания, модулированного частотой ω_2, который будет рассмотрен ниже.

С л у ч а й а. Дешифратор с подачей дополнительного смещения. Рабочая точка лампы сдвинута за нижний сгиб характеристики (фиг. 25). Селективные контуры дешифратора настроены соответственно на ω_1 и ω_2. В том случае, если частоты подведенных напряжений не будут соот-

ветствовать частотам контуров, напряжение на вторичных обмотках будет мало и реле не сработает.

Если приложить к дешифратору напряжение частоты ω_1 и ω_2, то через сопротивление R_k и детектор R_d потечет постоянный ток. Падением напряжения на R_k, равным U_k, рабочая точка характеристики будет смещена вправо. Синусоидальное напряжение U_1 на зажимах вторичной обмотки контура частоты ω_1 вызовет появление импульса анодного тока, постоянная составляющая которого будет



Фиг. 26. Схема селектора с трансформацией частот.

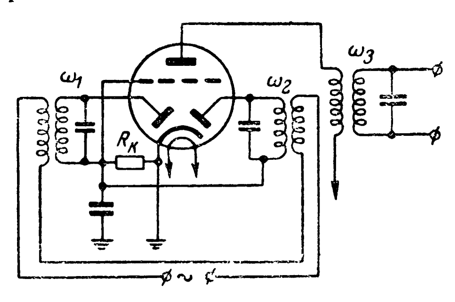
достаточна для срабатывания реле P. Поэтому такая схема не вызовет срабатывания реле при воздействии на схему лишь одной из составляющих.

Случай б. Дешифратор с трансформацией частот. В схеме (фиг. 26) нелинейность ламповой характеристики используется для получения напряжения комбинационной частоты относительно составляющих частот управляющего напряжения. Лампа является резонансным усилителем для обеих составляющих и имеет в анодной цепи два контура, настроенных на эти частоты. Усиленные напряжения частот ω_1 и ω_2 подводятся к сетке $Л_2$, рабочая точка которой смещена на нижний криволинейный сгиб характеристики, за счет чего в результате смешения получаются комбинационные частоты $\omega_1 \pm \omega_2$.

Помещая в анодную цепь лампы $Л_2$ контур, настроенный на один из этих комбинационных токов, например $\omega_3 = \omega_2 + \omega_1$, мы будем иметь на нем напряжение, обусловленное наличием на входе дешифратора двух определенных составляющих с частотами ω_1 и ω_2.

Для того чтобы система непосредственно не срабатывала от напряжения частоты ω_3, в сеточную цепь лампы $Л_2$ включается „пробка“ $L_3 \cdot C_3$, настроенная на частоту ω_3.

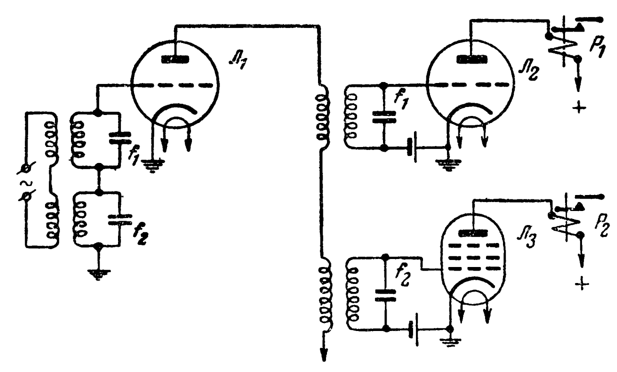
На фиг. 27 приведена схема, аналогичная рассмотренной с использованием комбинированной лампы—двойного диод-триода типа 6Г7. В этой схеме каждый из контуров подключается к промежутку через диод—нить и сопротивление R_k. Напряжение комбинационной частоты, полученной на R_k, подводится к сетке лампы, в аноде которой включен контур, настроенный на частоту ω_3.



Фиг. 27. Видоизмененная схема селектора с трансформацией частот.

В отличие от рассмотренных дешифраторов с одним исполнительным органом дешифраторы с двумя исполнительными элементами имеют две самостоятельные цепи управления.

Простейшим примером подобного дешифратора будет дешифратор с двумя полосовыми фильтрами, с подключенными на их выходе реле (фиг. 28).

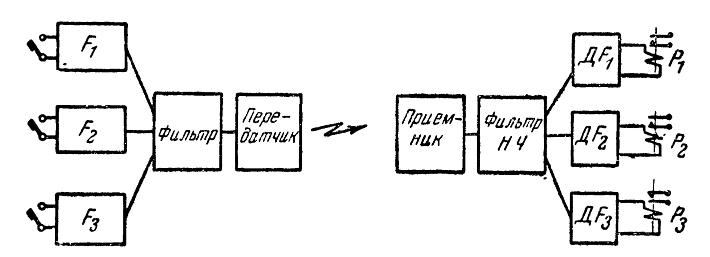


Фиг. 28. Схема двухканального частотного селектора.

Контуры в этой схеме настроены соответственно на частоты ω_1 и ω_2. Составляющие подведенного напряжения после усиления лампой $Л_1$ подводятся к сеткам двух ламп через контуры, соответственно настроенные на частоты

ω_1 и ω_2. Лампы $Л_2$ и $Л_3$, работающие в детекторном режиме, при подведении сигнала заставляют срабатывать реле P_1 и P_2.

Схему такого дешифратора можно превратить из двухчастотной в многочастотную, когда необходимо иметь большое количество каналов управления. Однако, использование нескольких высокочастотных каналов при подобной схеме нецелесообразно, так как это приводит к значительной загрузке эфира. Поэтому более эффективной является си-



Фиг. 29. Блок-схема многоканальной связи с использованием одной линии связи.

стема телеуправления с многократным применением одной и той же линии связи с многочастотным модулированием несущей частоты.

Принципиальная схема такой линии показана на фиг. 29, где F_1—F_3 — генераторы тональных частот, а $ДF_1$—$ДF_3$— соответствующие им дешифрующие элементы.

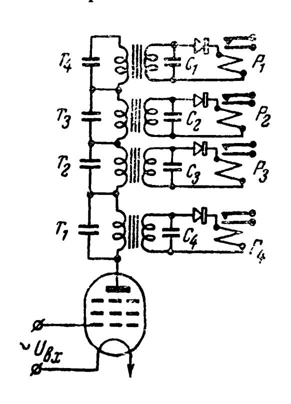
Дешифраторы этого вида можно разбить на две группы: первая характеризуется применением для дешифрования специального фильтрующего элемента весьма высокой избирательности и обычного исполнительного элемента, замыкающего своими контактами выбранную электрическую цепь при воздействии напряжения заданной частоты; вторая группа характеризуется тем, что в ней имеется единый фильтрующий узел, непосредственно замыкающий выбранную цепь при воздействии напряжения заданной частоты.

Низкочастотные дешифраторы могут быть самых различных типов, в зависимости от тех принципов, на которых они основаны.

Наиболее простым типом низкочастотного дешифратора следует считать дешифратор, использующий принцип электрического резонанса. Схема такого дешифратора на 4

канала показана на фиг. 30. На этой схеме T_1, T_2, T_3 и T_4 представляют собой низкочастотные контуры с частотами ω_1, ω_2, ω_3 и ω_4, с трансформаторной связью.

Однако, такие контуры имеют и серьезные недостатки, вследствие чего они могут найти лишь ограниченное применение. Основным недостатком этих дешифраторов следует считать весьма тупую частотную характеристику, вследствие чего в диапазоне звуковых частот (300—8 000 *гц*) может быть расположено весьма ограниченное количество рабочих частот. Так например, в указанном диапазоне могут разместиться лишь 20 каналов без взаимных помех друг другу.



Фиг. 30. Схема многоканального низкочастотного селектора.

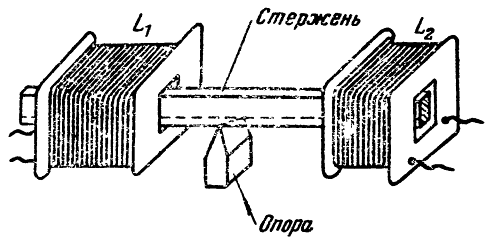
Такое ограниченное количество не может удовлетворить требованиям управления сложной моделью, выполняющей гораздо больше операций. Поэтому в настоящее время такие контуры могут применяться лишь в устройствах с малым количеством команд или в устройствах, использующих при шифровании совмещение качеств, например частотных и числовых, о чем подробнее будет сказано ниже.

Для увеличения возможных частотных комбинаций в телеуправлении наряду с фильтрами электрического резонанса применяются фильтры электромеханического резонанса, обладающие более острыми частотными характеристиками. Поэтому там, где необходимо надежно выделить составляющие напряжения различной частоты, разница между которыми составляет 0,1—0,5% при разнице в амплитудах выходного напряжения в 50—80 *дб*, применение подобных дешифраторов весьма целесообразно.

Необходимо, однако, учесть, что наряду с этими преимуществами возрастание селективности дешифраторов, как правило, обуславливает возрастание длительности устанавливающихся процессов в них, и, следовательно понижение допустимой скорости передачи импульсов в дешифратор.

К дешифраторам электромеханического резонанса относятся магнитострикционные, кварцевые и камертонные вибраторы.

Под магнитострикцией понимают взаимную зависимость между магнитными и механическими действиями некоторых металлов и их сплавов, заключающуюся в том, что если эти металлы поместить в магнитное поле, то металлы изменяют свою линейную длину. Если постоянное магнитное поле заменить переменным, то длина металла будет то уменьшаться, то увеличиваться, причем это изменение будет происходить в такт с изменением магнитного поля и по своей



Фиг. 31. Магнитострикционный вибратор.

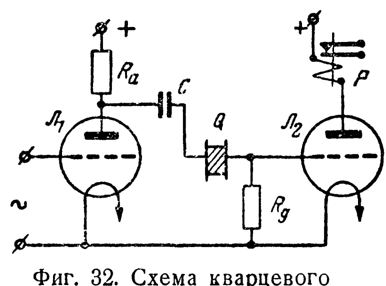
величине будет пропорционально силе намагничивающего поля.

В случае, когда сила намагничивающего поля меняется с частотой, равной собственной частоте механических колебаний тела, амплитуда изменения его линейных размеров может возрасти более чем в сто раз по сравнению с укорачиванием или удлинением тела при отсутствии резонанса.

Наряду с прямым магнитострикционным эффектом, т. е. изменением линейных размеров магнитострикционных вибраторов при их продольном намагничивании, в природе имеет место и обратный магнитострикционный эффект, выражающийся в изменении магнитного состояния вибратора при изменении его линейных размеров. Обратный магнитострикционный эффект обуславливается тем, что вибрация тела, распространяясь в нем в виде упругих деформаций, вызывает периодические изменения интенсивности его намагничивания. Оба эти явления широко используются в различного рода электромеханических фильтрах. Очевидно, что если стержень (фиг. 31.) поместить внутри катушек L_1 и L_2 и подвести к катушке L_1, напряжение $U_{вх}$ с какой-то частотой, то с той же частотой будут меняться линейные размеры стержня и периодичность его намагничивания. В силу этого в обмотке L_2 будет индуктироваться напряжение $U_{вых}$ той же частоты. При частоте, равной собственной

частоте колебаний стержня, величина $U_{вых}$ будет максимальна. Ввиду острой резонансной характеристики магнитострикционных фильтров даже небольшие отклонения частоты возбуждающего напряжения от собственной частоты механических колебаний стержня влияют на изменение его линейных размеров, которые становятся ничтожными и $U_{вых}$ падает до нуля.

При помощи магнитострикционных вибраторов можно изготовить дешифраторы в диапазоне частот от нескольких сот до 30 000—50 000 *гц*.



Фиг. 32. Схема кварцевого селектора.

Чувствительность магнитострикционного дешифратора определяется в первую очередь материалом, из которого сделан вибратор. Наибольший магнитострикционный эффект дают сплавы никеля с железом, инвар или элинвар.

В кварцевых фильтрах, в отличие от материалов, изменяющих свои линейные размеры при изменении магнитного поля, используется эффект изменения размеров под влиянием электрических сил. Это явление, как известно, носит название пьезоэффекта.

Несмотря на то, что пьезоэффект проявляется в целом ряде кристаллов (исландский шпат, сегнетова соль, турмалин), наибольшее и основное распространение и применение получил только кварц.

Схема фильтра с применением кварца показана на фиг. 32. Работа такого фильтра хорошо известна всем радиолюбителям, и особенно любителям-коротковолновикам, которые широко применяют его в своих конструкциях.

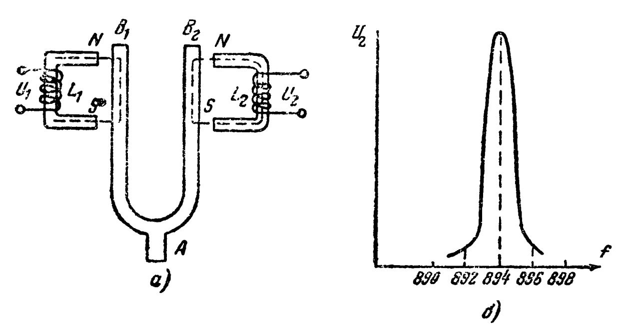
Недостатком применения кварцевых фильтров в любительских условиях является их слишком острая характеристика, так как в этом случае на передающем устройстве должен применяться точно такой же кварц.

В повседневной практике могут быть применены более простые фильтры в виде камертонных, язычковых и мембранных.

Камертонный фильтр, показанный на фиг. 33, работает следующим образом:

При пропускании тока через одну из обмоток, например L_1, магнитный поток будет создавать усилия, изгибающие перо камертона B_1.

При частоте подведенного напряжения, равной собственной частоте колеблющегося пера, амплитуда и скорость колебаний перьев B_1 и B_2 будут максимальны и в обмотке L_2 будет индуктироваться наибольшая ЭДС, воздействующая на исполнительный механизм.



Фиг. 33. Камертонный фильтр (*а*) и его частотная характеристика (*б*).

Уже при небольших отклонениях от резонансной частоты колебания будут ничтожны и величина U_2 упадет до нуля. Изменение амплитуды колебания стального камертона с частотой показано на фиг. 33,*б*. Как видно из этого рисунка, спектр колебаний измеряется всего лишь единицами герц.

Устройство мембранного фильтра показано на фиг. 34. Здесь *А* и *С* представляют собой токоприемники обычных головных телефонов, *В* — мембрану.

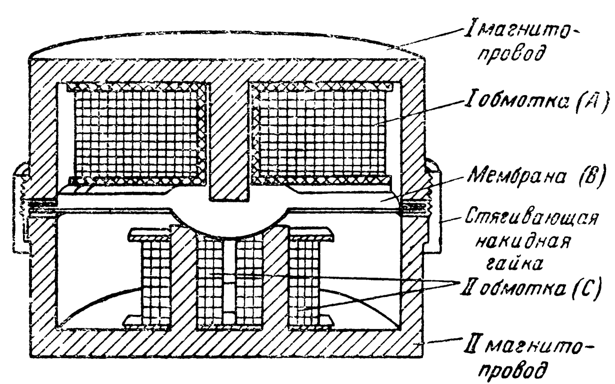
Применение мембраны в качестве связывающего элемента представляет большие преимущества в том отношении, что при этом упрощается и удешевляется конструкция фильтра.

Испытания различных форм мембран показали, что круглые мембраны, закрепленные по всему контуру, т. е. обычные телефонные, не имеют резкого резонанса.

Наиболее практичной следует считать форму, которая применена на указанном рисунке. Для обострения частотной характеристики мембраны следует увеличить воздушный зазор между полюсными наконечниками и мембраной при помощи прокладывания бумажной шайбы (кольца)

толщиной от 0,2 до 0,75 *мм.* Это расстояние не следует повышать значительно, так как при этом понижается чувствительность фильтра.

Для уменьшения вредного непосредственного перехода энергии из одной цепи в другую, за счет трансформаторной электромагнитной связи, полюсные наконечники необходимо расположить между собой перпендикулярно.



Фиг. 34. Устройство мембранного фильтра.

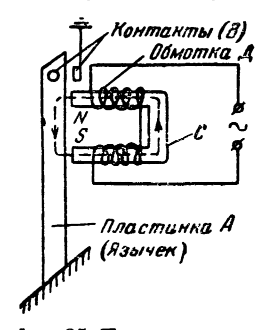
Резонансные реле, в отличие от рассмотренных фильтров дешифраторов, при совпадении управляющей частоты срабатывания приводят к замыканию управляемой цепи.

Принципиальная схема резонансного реле показана на фиг. 35. Здесь *А* — закрепленная у своего основания упругая пластинка из стали, инвара, элинвара и т. д.; *В* — контакты; *С* — постоянный магнит; *Д* — обмотка токоприемника.

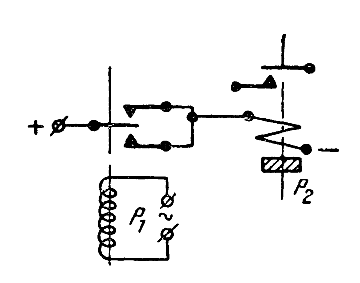
При подаче в обмотку *Д* переменного тока магнитный поток будет создавать в воздушном зазоре усилия, изгибающие пластинку *А*. При случайной частоте эти усилия и вызванные ими колебания пластинки будут малы и контакты реле останутся разомкнутыми. При совпадении частоты тока с собственной частотой пластинки амплитуда колебаний ее станет достаточно большой и контакты реле станут замыкаться с той же частотой.

На фиг. 36 показана одна из возможных схем применения такого реле. Здесь P_1 — реле резонансного типа, P_2 — медленно отпускающее реле, время отпускания которого больше времени перехода пластинки резонансного реле от

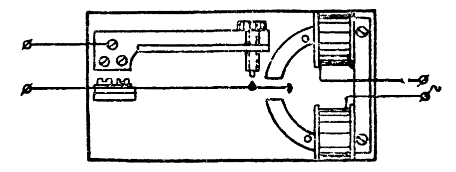
одного контакта к другому. При подаче управляющего напряжения реле P_2 срабатывает и его контакты остаются



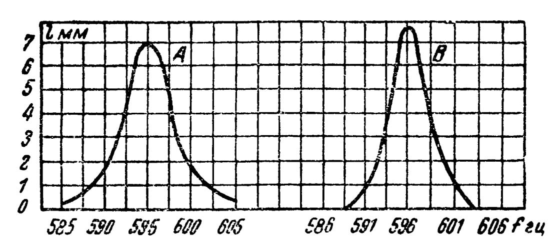
Фиг. 35. Принципиальная схема резонансного реле.



Фиг. 36. Схема включения резонансного реле (P_1) с электромагнитным замедленным реле (P_2).



Фиг. 37. Резонансное реле.



Фиг. 38. Частотные характеристики резонансных язычковых реле.

в замкнутом состоянии до тех пор, пока длится управляющий импульс.

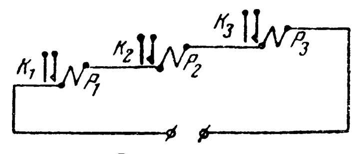
На фиг. 37 показана другая распространенная конструкция резонансного реле. В качестве колеблющихся пластин в этих реле используются инваровые язычки. Полоса частот, при которых происходят наиболее сильные колебания этих

вибраторов, как указывалось ранее, измеряется единицами герц.

Некоторые величины, характеризующие селективность вибрирующих пластинок, приведены на фиг. 38. По оси ординат отложена амплитуда колебаний в миллиметрах, по оси абсцисс — частота в *гц*.

На этом рисунке кривая *A* показывает резонанс стальной пластинки длиной в 60 *мм*, шириной в 3,5 *мм* и толщиной в 0,28 *мм*.

С уменьшением ширины вибратора его селективность возрастает, увеличение же ширины пластинки приводит к уменьшению его чувствительности.



Фиг. 39. Электромагнитный амплитудный селектор.

Для регулирования собственной частоты язычков используется метод увеличения массы на их концах при помощи напайки капли припоя. Результаты, получаемые при этом способе, иллюстрируются кривой *B*, которая показывает, что частота изменилась с 595 до 596 *гц*.

Камертонные и язычковые фильтры могут быть легко преобразованы для случая с непосредственным замыканием контактов исполнительной цепи, т. е. могут быть поставлены в условия работы резонансного реле.

б) Амплитудные селекторы. В отличие от частотных амплитудные селекторы работают на принципе выделения нужного сигнала посредством различия амплитуд токов или напряжений.

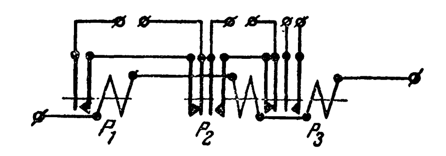
Схема простейшего селектора, построенного на этом принципе, показана на фиг. 39. В нем каждое реле настроено на свой определенный ток срабатывания. Допустим, что реле P_1 срабатывает при токе I_1, реле P_2 при токе I_2 и т. д., причем величина I_1, меньше I_2, а I_2 в свою очередь меньше I_3. Если в цепь селектора будет послан импульс тока с амплитудой несколько большей I_1, то сработает лишь реле P_1 и замкнет своими контактами K_1 только одну свою исполнительную цепь. Если в ту же цепь подать импульс с амплитудой, большей чем I_3, то сработают все три реле, приводя в исполнение все три линии.

В том случае, когда по ходу действия срабатывания реле P_1 и P_2 нужно избежать, то для этого на реле P_3

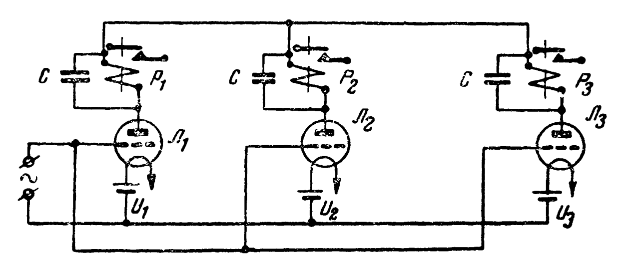
необходимо установить дополнительные контакты, которыми размыкаются цепи реле с предыдущими номерами. В этом случае схема примет вид, показанный на фиг. 40а.

Если же надо создать селектор, который мог бы отличать сигналы по амплитудам напряжения, то придется применить несколько иные схемы.

Наиболее простой схемой в этом случае будет являться схема, показанная на фиг. 40б, в которой лампы работают



Фиг. 40а. Избирательный амплитудный селектор.



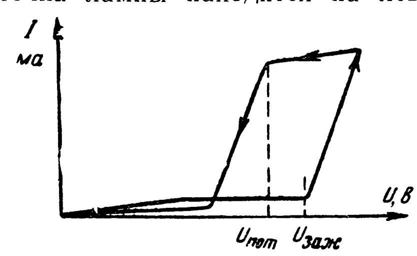
Фиг. 40б. Электронный амплитудный селектор.

в детекторном режиме с различным сдвигом рабочих точек; при этом можно применить схему как анодного, так и сеточного детектирования, но при анодном детектировании происходит возрастание постоянной составляющей анодного тока и срабатывание реле, а при схеме сеточного детектирования происходит уменьшение анодного тока и отпускание реле. Недостатком схемы сеточного детектирования является то, что реле в течение всего времени покоя находится под током. С другой стороны, эта схема обладает высокой чувствительностью к слабым управляющим сигналам.

В этих схемах электромагнитное реле, как правило, блокируется конденсатором, чтобы отфильтровать переменные составляющие выпрямленного тока в анодной цепи. При частоте сигнала, лежащего в звуковом диапазоне, величина конденсатора выбирается равной 0,1—0,8 *мкф*, а при немодулированном сигнале — в 500—1 000 *мкмкф*.

Работа схемы происходит следующим образом. Предположим, что для каждой из ламп мы установили напряжение смещения U_1, U_2, U_3 и т. д., причем U_3 больше U_2, а последнее в свою очередь больше U_1.

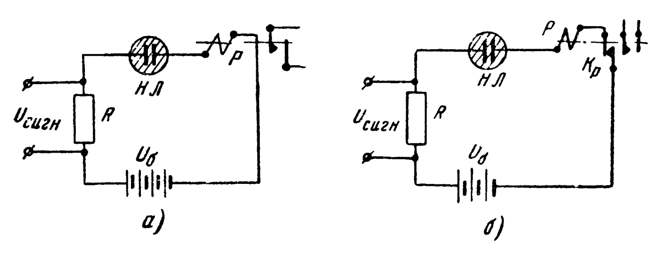
Напряжение U_1 выбрано таким образом, что рабочая точка лампы находится на левом криволинейном участке характеристики. Ясно, что при U_2 и U_3 рабочая точка будет сдвинута еще левее. Тогда, если напряжение приходящего сигнала будет малым, то оно вызовет появление анодного тока лишь в лампе $Л_1$, а в лампах $Л_2$ и $Л_3$ ток будет отсутствовать, так как они будут заперты. Если теперь амплитуда сигнала будет увеличена до некоторой большей величины, то наравне с лампой $Л_1$ детектировать будет также и лампа $Л_2$, вследствие чего сработает и реле P_2.



Фиг. 41. Вольтамперная характеристика неоновой лампы.

В схемах амплитудных селекторов хорошие результаты дает также применение неоновых ламп.

Неоновая лампа имеет характеристику, показанную на фиг. 41. Ток через лампу в зависимости от приложенного

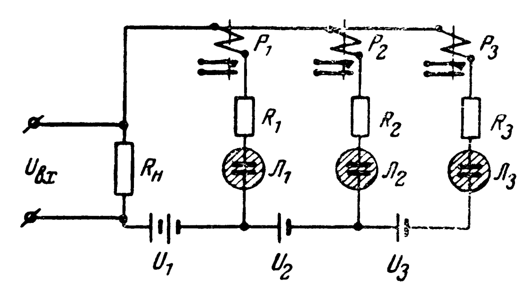


Фиг. 42. Простые релейные схемы с неоновой лампой.

напряжения изменяется сперва очень медленно, а дойдя до некоторой точки, соответствующей точке ионизации, ток нарастает лавинообразно и лампочка загорается. Если теперь постепенно уменьшать напряжение, то ток будет сначала падать медленно, а потом в точке погасания резко упадет и лампочка погаснет.

Для использования неоновой лампы в релейном режиме соберем схему, показанную на фиг. 42,*а*. Величину смещающего напряжения $U_б$ выберем так, чтобы $U_б < U_{заж} < U_{пот}$, а рабочая точка лежала бы немного ниже точки погасания. Тогда ток в цепи реле окажется настолько мал, что оно работать не будет.

Если теперь к зажимам прибора подвести управляющее напряжение, которое на сопротивлении R даст падение



Фиг. 43. Многоканальный селектор с неоновой лампой.

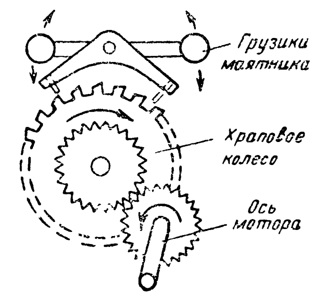
напряжения $U_{сигн}$ такой величины, что $U_б + U_{сигн} \geqslant U_{заж}$, то в этом случае рабочая точка переместится за порог зажигания, в результате чего лампа загорится и реле сработает. По окончании сигнала лампа погаснет. Ее сопротивление при этом резко возрастет и реле перейдет в состояние покоя.

Чувствительность схемы определяется зависимостью величины $U_{заж}$ от условий режима работы, и в первую очередь от разности $U_{пот} - U_б$. Чем меньше может быть сделана эта разность, тем чувствительнее будет схема. Если на реле установить одну нормально замкнутую контактную пару, как это показано на фиг. 42,*б*, то можно значительно повысить чувствительность реле. В этом случае нормальное напряжение смешения можно подобрать так, чтобы оно было возможно ближе к порогу зажигания.

Для многоканальной селекции при применении газоразрядной неоновой лампы может быть применена схема фиг. 43, напоминающая по принципу работы схему с электронными лампами (фиг. 40,*б*).

в) Временные селекторы. При временной селекции используется принцип различия посылаемых импульсов

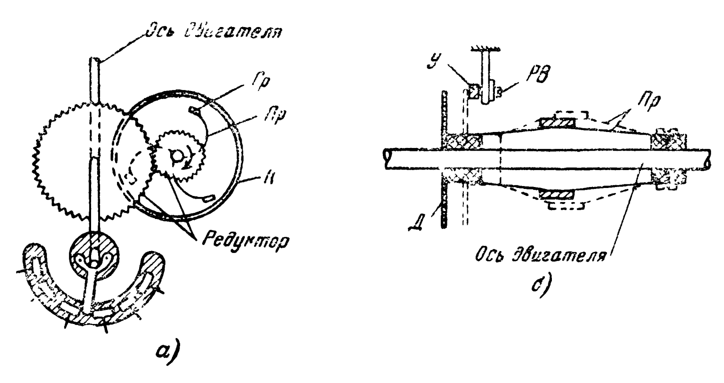
по их продолжительности. В силу этого временный селектор должен быть способен реагировать на импульсы, отличные друг от друга по длительности, и включать только тот канал или ту исполнительную цепь, которая предназначена для работы от сигнала соответствующей длительности.



Фиг. 44. Часовой регулятор скорости.

Временная селекция может осуществляться как механическими, так и электрическими устройствами.

Простейшим способом осуществления механической временной селекции является применение двигателя (электрического или пружинного), вращающегося с строго постоянной скоростью. Укрепив на оси такого двигателя контактную щетку, мы получим распределитель, который за определенный промежуток времени повернется на заданный угол и включит ту линию, которая задана длительностью импульса.



Фиг. 45. Центробежные регуляторы скорости.

Стабилизация скорости вращения двигателя в самом простом случае может быть обеспечена при помощи часового регулятора или с помощью центробежного регулятора. Часовой регулятор с коротким маятником показан на фиг. 44.

На этом рисунке вращающей силой является заводная пружина.

Центробежные регуляторы трения свободны от скачков, но они менее точны и постоянны. Устройство таких регуляторов показано на фиг. 45. Принцип действия их основан на увеличении трения грузиков о жесткие упоры в том случае, когда их скорость превышает заранее заданную.

Ось двигателя, показанная на фиг. 45,*а*, на которой укреплена щетка распределителя, через посредство ряда промежуточных шестерен связывается с осью и валиком, свободно сидящими в подшипниках. На валике укреплены пружинящие пластинки *Пр* с грузиками *Гр* на конце. При вращении оси мотора ось с валиком и грузиками также начинает вращаться и тем с большей скоростью, чем с большей скоростью вращается ось мотора. При достижении некоторой скорости грузики под действием центробежной силы отдаляются от оси и достигают жесткого кольца-упора *К* и, скользя по нему, приобретают некоторый момент трения, тормозящий вращение оси мотора.

Если скорость мотора увеличится, то момент трения также увеличится, и поэтому мотор должен будет уменьшить скорость; и наоборот, если скорость мотора станет меньше заданной, то скольжение грузиков будет происходить с меньшим трением и скорость вращения возрастет.

Регулятор, показанный на фиг. 45,*б*, по принципу работы аналогичен описанному выше и отличается от него лишь тем, что трение в нем создается не самими грузиками, а специальным диском *Д*, трущимся об упор *У*. Диск жестко связан с пружинами *Пр* и свободно сидит на оси; поэтому при большой скорости, когда грузики будут стремиться отдалиться от оси, он начинает касаться упора и затормаживаться последним. Для регулирования скорости служит регулировочный винт *РВ*.

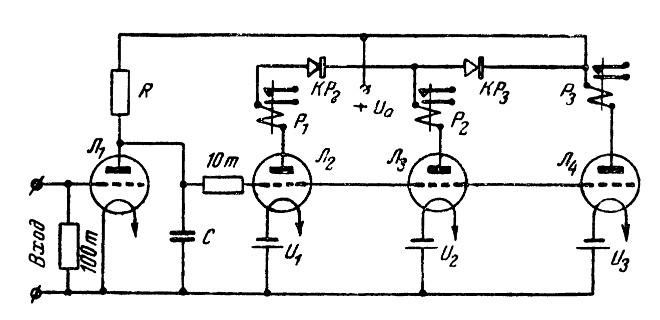
В электрических временных селекторах используется промежуток времени заряда и разряда конденсаторов.

Простейшей такой схемой является схема, представленная на фиг. 46.

Работа схемы основана на принципе превращения временной селекции в амплитудную.

В отсутствие сигнала через лампу $Л_1$ проходит ток, зависящий от смещения на ее сетке, равного нулю. На конденсаторе *С* получается разность потенциалов, равная падению напряжения на лампе. Если теперь на сетку лампы $Л_1$ будет подан отрицательный импульс, то лампа запрется и конденсатор через сопротивление *R* будет заряжаться до

напряжения U_a. Однако, заряд конденсатора, а, следовательно, и напряжение на нем возрастут не мгновенно, а лишь спустя некоторый промежуток времени, определяемый величиной сопротивления и емкостью конденсатора. Чем больше будет сопротивление или чем больше будет емкость конденсатора, тем большее время потребуется для заряда конденсатора. Отсюда следует, что если время заряда будет меняться, то соответственно этому будет меняться



Фиг. 46. Схема электрического временного селектора.

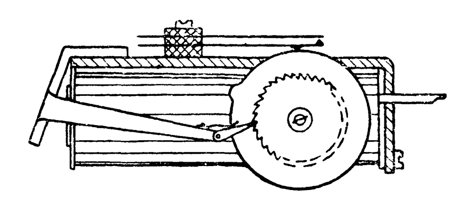
и напряжение на конденсаторе, а тем самым и на управляющих сетках релейных (канальных) ламп $Л_2$, $Л_3$ или $Л_4$, режимы которых, как и в случае амплитудной селекции, отличаются лишь величиной начального смещения рабочей точки.

Как явствует из схемы, все эти лампы первоначально должны быть заперты, а рабочие точки сдвинуты у них на разную величину по характеристике. В том случае, когда на вход схемы поступил короткий управляющий импульс, то напряжение на конденсаторе возрастет незначительно и поэтому сработает лишь тот канал, лампа которого при этом напряжении будет отперта. По окончании сигнала конденсатор разрядится через отпертую лампу. Время разряда конденсатора, и следовательно, время включения того или иного канала, будет зависеть от проводимости лампы при этом смещении. Поэтому для того чтобы схема успела подготовиться к приему следующего импульса, необходимо, чтобы первая лампа при нулевом смещении имела большую проводимость.

г) Ч и с л о - и м п у л ь с н ы е с е л е к т о р ы. Выше мы говорили, что одна управляющая команда может отли-

чаться от другой количеством заключающихся в ней импульсов и назвали такую форму сигнала сигналом с число-импульсным (числовым) шифром. Для того чтобы на приемном устройстве было правильно произведено дешифрование, приемник должен иметь устройство, способное правильно просчитать или проконтролировать количество поступивших на него импульсов.

Такое устройство показано на фиг. 47. Электромагнитное реле реагирует на каждый импульс тока. При каждом срабатывании якорь реле поворачивает зубчатое колесо, с которым жестко связан кодовый диск. Последний на своей окружности имеет выступ, который при повороте храпового колеса на определенный угол, соответствующий полученному количеству импульсов, подожмет контактную группу и вызовет срабатывание исполнительного механизма.



Фиг. 47. Число-импульсный дешифратор.

Начальный угол кодового диска относительно нулевого положения храпового колеса может регулироваться посредством поворота на тот или другой угол. Последнее приводит к изменению характера шифра, т. е. изменению числа импульсов в управляющей команде.

При наличии нескольких исполнительных механизмов на оси храпового колеса могут быть установлены несколько кодовых дисков с расположенными на них контактами.

Несколько отличное устройство имеет другое, весьма распространенное устройство, которое может быть применено в качестве дешифратора при число-импульсной селекции, — это так называемый шаговый распределитель, описание которого было приведено в главе «Исполнительные механизмы».

Ознакомившись в общих чертах с устройством различных селекторов, мы сможем составить ту или другую схему, которая отвечала бы поставленным условиям и требованиям к приемному устройству.

ПЕРЕДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

1. Радиопередатчики

Радиопередающие установки состоят из двух связанных друг с другом частей: радиопередатчика и командного прибора, или шифратора.

Передатчик должен удовлетворять вполне определенным и жестким условиям. Он должен быть стабилен по частоте, прост по настройке, экономичен по питанию и т. п. Последнее особенно важно для переносной аппаратуры.

Говоря о стабильности передатчика, следует иметь в виду не только то, что при колебаниях частоты наш передатчик может мешать соседней радиостанции, но также и то, что при нестабильной работе передатчика может быть совершенно сорвано управление приемником.

Так как общий уход частоты складывается из отклонений частоты за счет изменения режима питания, влияния окружающей температуры на задающий контур и т. д., то для того чтобы стабильность частоты была возможно большей в передатчике, особенно в задающем генераторе, необходимо применять детали с малым температурным коэффициентом, а источники питания стабилизировать.

Чем меньше чувствительность радиоприемника и чем больше расстояние, на котором производится управление, тем больше должна быть мощность, излучаемая передатчиком.

Определить, в каком случае предпочтительнее применить чувствительную схему приемника и маломощный передатчик или, наоборот, мощный передатчик и грубую схему приемника, можно лишь при учете существующих конкретных условий и требований.

В случае, когда требуется обеспечить управление подвижным прибором, который должен быть по возможности легким и управление которым будет производиться в пределах видимости, то, очевидно, что эту задачу целесообразнее решить с помощью простого детекторного приемника и передатчика достаточной мощности.

В качестве другого варианта может быть применен ламповый приемник с одной экономичной лампой, работающей в детекторном режиме с анодным напряжением 15—25 *в*. Мощность передатчика в этом случае может быть значительно снижена.

При выборе частоты для линии связи следует исходить из того, насколько удобен тот или другой диапазон как с точки зрения распространения волн, так и помех, которые могут при этом возникнуть.

Допустим, что необходимо выбрать диапазон волн для управления радиоторпедой. Казалось бы, что так как торпеда находится в зоне непосредственной видимости, то целесообразно для связи применить ультракороткие волны, в диапазоне которых почти совершенно не ожидается помех и можно расположить много линий, не мешающих друг другу.

Однако, практически это невыполнимо, так как для управления под водой на ультракоротких частотах потребовалась бы слишком сложная и дорогостоящая аппаратура, расходы на изготовление которой будут совершенно необоснованны.

2. Шифраторы

Шифратор в радиопередающем устройстве представляет собой тот командный аппарат, который определяет то или другое действие находящегося на далеком расстоянии прибора.

Действительно, шифратор — это тот прибор, который позволяет нам обеспечивать поочередную связь с несколькими корреспондентами или управляемыми цепями при наличии лишь одной линии связи.

Шифратор представляет собой в то же время прибор, который, производя ту или иную отработку команды, заставляет замыкать цепи других элементов схемы и производить только то действие, которое необходимо оператору, находящемуся на командном пункте.

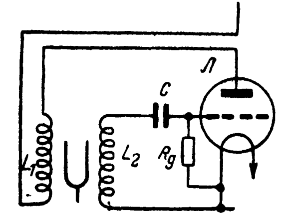
Кроме того, шифратор позволяет засекретить команду радиоуправляемого прибора так, чтобы непосвященный не мог привести его в действие, и т. д.

Выше мы уже разобрали, каким может быть содержание того или иного управляющего сигнала и каким устройством команда может быть проанализирована. Теперь познакомимся с теми методами, которые позволяют придать этому сигналу необходимую форму.

1. Частотные шифраторы. Описание шифраторов мы начнем с принципа работы частотных шифраторов, так как осуществляя радиосвязь, мы тем самым уже сразу же вводим один элемент шифрования — выбор несущей частоты.

В некоторых случаях несущая частота является не вспомогательным элементом шифрообразования, а совершенно самостоятельным. Это бывает тогда, когда управляемый прибор должен выполнять одну простую, неответственную операцию, для которой совершенно безразличны всевозможные помехи, когда команду можно повторить столько раз, сколько необходимо для срабатывания прибора и совершения им заданных операций.

В этом случае управляющий сигнал представляет собой немодулированные высокочастотные колебания фиксированной частоты, длительность посылки которых зависит от времени работы передатчика.



Фиг. 48. Схема камертонного генератора.

Дальнейшим развитием высокочастотного шифрования является двухчастотная передача управляющего сигнала (последовательная или параллельная во времени).

Практическое выполнение такого командного устройства может быть осуществлено в виде двух передатчиков (при параллельной передаче) или в виде одного передатчика, перестраиваемого поочередно на заданные частоты.

Более сложной формой частотного шифрования является модулирование несущей низкой частотой.

Так как модуляция сигнала осуществляется одновременно, как правило, лишь одной частотой, то для получения наибольшего к. п. д. коэффициент модуляции желательно применять возможно бо́льшим — вплоть до 100%.

В качестве модулятора в этом случае могут использоваться различные приспособления и устройства — генераторы низкой частоты, всевозможные зуммеры, прерыватели и т. п.

В том случае, когда частота модуляции должна быть весьма стабильной, вместо ламповых генераторов применяют камертонные генераторы. На фиг. 48 изображена одна из возможных схем такого генератора с самовозбуждением, получаемым за счет индуктивной обратной связи. Работа этого генератора происходит следующим образом. В момент включения источника постоянного анодного напряжения, протекающий через обмотку катушки L_1 анодный ток создает магнитное поле. В результате этого перо камертона притянется к обмотке, но в силу упругости оно снова отой-

дет от катушки, вызывая колебания второго пера. Последнее, изменяя магнитный поток катушки L_2, вызывает появление на его концах некоторой э. д. с., которая изменит смещение рабочей точки на управляющей сетке лампы, что приведет к изменению анодного тока, который, в свою очередь, вызовет колебание перьев камертона и изменение э. д. с.

Если вторичное изменение э. д. с. будет в нужной фазе, то колебания анодного тока возрастут и превратятся в устойчивую незатухающую генерацию.

В настоящей брошюре вопрос осуществления модуляции передатчика не рассматривается, так как этот вопрос читателям должен быть хорошо знаком, описанию его посвящены многочисленные руководства и статьи.

2. Амплитудные шифраторы. Не более сложно может быть изготовлено устройство для шифрования команды по амплитудным качествам. В результате тех или других манипуляций шифратором величина излученной мощности передатчика получается не равномерной, а изменяется согласно заданному шифру. Проще всего такое изменение может быть осуществлено посредством изменения смещения на управляющей сетке или изменением потенциала на экранной сетке.

Однако, вследствие того, что создать надежный дешифратор с амплитудной селекцией затруднительно, особенно в многоканальных устройствах, то этот метод шифрования применяется сравнительно редко.

3. Временные шифраторы. Более распространенными и более надежными являются временные шифраторы.

Как и анализаторы, временные шифраторы могут быть изготовлены с использованием механических и электрических систем.

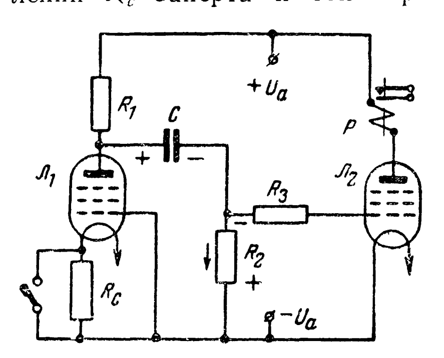
Механическая система представляет собой вращающийся с постоянной скоростью двигатель, на оси которого укреплена щетка, скользящая по контактным пластинкам различной длины. Скольжение щетки по пластинкам производит замыкание электрической цепи, которая связана с передатчиком, работающим в данном случае подобно передатчику с телеграфной манипуляцией.

Форма кодового сигнала в этом случае задается соотношением длин пластин.

Регулятор скорости может быть выполнен аналогично описанным в главе «Дешифраторы».

Электрические системы работают на основе применения конденсаторов, заряжаемых или разряжаемых через сопротивление. По своему устройству такие схемы весьма разнообразны и дают возможность получать импульсы, длительность которых может изменяться от нескольких микросекунд до нескольких секунд. Одна из таких схем изображена на фиг. 49.

На этой схеме лампа $Л_1$, благодаря большому смещению на ее сетке за счет падения напряжения на сопротивлении R_c заперта и ток через нее почти не проходит. Вследствие этого конденсатор C зарядится до напряжения U_a. Лампа $Л_2$ работает в это время без смещения, и через реле P протекает ток.



Фиг. 49. Схема электронного временного шифратора.

В момент, когда необходимо подать команду, нажимают ключ $К$ и закорачивают сопротивление смещения. При этом лампа $Л_1$ отпирается и через нее потечет ток разряда конденсатора C. За счет этого тока на сопротивлении R_2 появится разность потенциалов (полярность которых указана на рисунке). Лампа $Л_2$ запрется и поток электронов через нее прекратится; реле отпустит свой якорь и контакты реле, в зависимости от их схемы, придут в рабочее состояние, т. е. замкнутся или разомкнутся.

Длительность такого состояния определится временем разряда конденсатора, которое зависит от его емкости, величины сопротивления R_2 и проводимости лампы $Л_1$. После того как конденсатор разрядится, через лампу $Л_2$ начнет проходить ток и реле снова сработает, производя включение или выключение контактов.

4. Ч и с л о-и м п у л ь с н ы е ш и ф р а т о р ы. Для число-импульсной, или просто числовой селекции важно, чтобы тому или другому приказу соответствовало строго определенное количество посылок импульсов в команде.

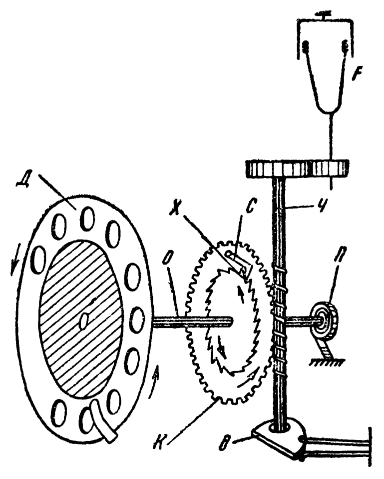
Задание того или иного количества импульсов в шифраторе производится в большинстве случаев механической системой.

Конструктивное выполнение таких систем зависит от желания конструктора.

Наиболее простой системой является обычный номеронабиратель, применяемый в телефонных аппаратах.

Схематическое изображение такого устройства и его работы показано на фиг. 50.

На этом рисунке номерной диск *Д* неподвижно закрепляется на оси *О*. На ней же жестко укрепляются храповик *Х* и заводная пружина *П*. На этой же оси свободно надето зубчатое колесо *К* с собачкой *С*. Зубчатое колесо сцепляется с червяком *Ч*, нижний конец которого имеет заостренный полудиск из изоляционного материала, а верхний конец через зубчатую передачу соединяется с центробежным регулятором скорости вращения *F*.



Фиг. 50. Устройство номеронабирателя.

При наборе цифр номерной диск поворачивается в зависимости от цифры на тот или иной угол. При заводе диска закручивается пружина *П*, которая стремится повернуть диск в исходное положение. При этом собачка *С* на зубчатом колесе *К* будет свободно скользить по зубцам храповика *Х*, не упираясь в них. Когда же диск *Д* вместе с осью храповика *Х* под действием пружины *П* будет вращаться обратно, то зуб храповика *Х* будет упираться в собачку *С*. Последняя, будучи закрепленной на зубчатом колесе *К*, приведет во вращение это колесо, от которого будут также вращаться червяк *Ч* и регулятор. При вращении червяка будут размыкаться и замыкаться контактные пружины, соответственно набранной цифре номера.

Скорость вращения диска для всех систем АТС принята одинаковой, а именно 10 импульсов в секунду с допуском ± 1 импульс. Следовательно, продолжительность одного импульса будет равна 0,1 сек., или с учетом допусков будет находиться в пределах от 0,09 до 0,11 сек. Однако, отношение времени размыкания к времени замыкания контакта,

называемое импульсным коэффициентом K, может быть неодинаковым для различных систем. Так, например, для АТС завода «Красная заря» $K = 1{,}5$, а для АТС Сименса $K = 1{,}66$, что следует иметь в виду при проектировании дешифратора.

В телемеханических устройствах, в которых могут потребоваться другие скорости, указанные номеронабиратели должны применяться только после их перерегулировки, производимой посредством отгибания или пригибания пластинок с грузиками.

Таким образом, применяя такую систему, мы вместо хаотического набора импульсов, имеем строго упорядоченное и равномерное следование импульсов, количество которых соответствует набранной нами цифре.

ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫМ ПРИЕМНИКОМ

Мы разобрали устройства и способы, при помощи которых осуществляется управление тем или иным телеуправляемым прибором.

Попробуем применить теперь полученные сведения к нашей повседневной жизни. Допустим, вы находитесь в соседней комнате и не можете непосредственно перестроить вещательный приемник в то время, как принимаемая им передача вас не удовлетворяет. На помощь вам приходит телеуправление. Нажимая на соответствующую кнопку специального переносного прибора, вы перебираете несколько программ и, наконец выбрав нужную, отпускаете кнопку.

Как же сделать такой прибор?

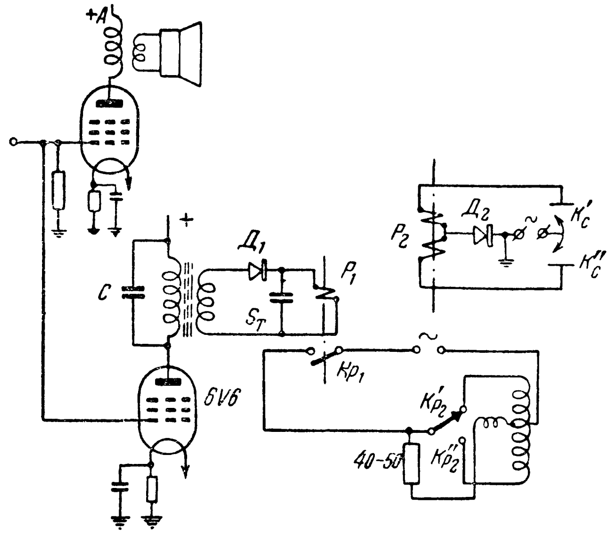
Проще всего для этого использовать готовый радиовещательный приемник, имеющийся у радиолюбителя. При этом, естественно, возникает вопрос, нельзя ли приспособить его для приема командного сигнала и какова будет при этом общая схема управления? Одним из возможных решений следует признать применение принципа частотной селекции. При этом управляющим сигналом будет являться несущая, совпадающая по частоте с настройкой приемника и модулированная звуковой частотой порядка 4—4,5 *кгц*. Эти частоты выбраны потому, что для их отфильтрования не требуется громоздких и сложных фильтров, в то время как прохождение их через звуковой тракт приемника не вызывает неприятного ощущения.

Так как в разбираемом случае управление приемником производится на близком расстоянии, то мощность передающего устройства может быть весьма малой.

Рассмотрев характеристики приемного и передающего устройства в общем, посмотрим, каким образом может быть разрешена эта задача конструктивно.

1. Приемник

Не рассматривая принципиальные схемы приемников, которые и без того хорошо известны любителям, приступим сразу же к описанию дополнительных элементов, которые



Фиг. 51. Схема селекторной и исполнительной части приемника.

необычны для широковещательных приемников. На фиг. 51, где представлена схема селектора и исполнительных механизмов, приводится лишь часть самого приемника, чтобы показать место включения селектора.

Как видно из этой схемы, управляющая сетка лампы селектора включается параллельно управляющей сетке выходной лампы. Лампа, работающая за счет автоматического смещения в режиме усилителя мощности класса А, служит одновременно для усиления сигнала и для разделения приемной цепи от цепи селектора.

В анодную цепь этой лампы включен трансформатор, первичная обмотка которого совместно с конденсатором C в 0,01 *мкф* образует контур, настроенный на частоту модулирующего сигнала.

Трансформированное напряжение поступает на купроксный элемент $Д_1$ и выпрямляется им. Выпрямленный ток, проходя через обмотку электромагнитного реле, заставляет его сработать. В качестве реле может быть применено наиболее распространенное реле типа 10-Б. Обмотка его имеет 250 витков ПЭ 0,2. Реле, срабатывая при наличии управляющего сигнала, включает питание в обмотки реверсивного двигателя *ОМ*.

Необходимо заметить, что для осуществления вращения ротора конденсатора в ту и другую сторону необходимо иметь именно реверсивный электродвигатель, обладающий достаточной для этого мощностью. При других типах электродвигателей потребуется переключение сцепления, для того чтобы вал его мог вращаться в обе стороны.

Электромагнитное реле работает с замедлением на срабатывание. Замедление в данном случае необходимо для того, чтобы реле не сработало от коротких сигналов, которые могут быть воспроизведены при приеме музыкальных передач.

Контакты электромагнитного реле при своем замыкании включают цепь двигателя, ось которого соединена с осью конденсатора.

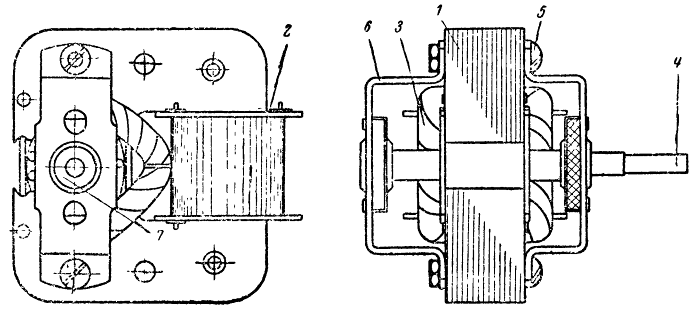
В какую обмотку двигателя будет подано питание, — зависит от того, в каком положении будет находиться якорь поляризованного реле P_2. Допустим, что при первоначальном положении будет замкнут контакт $Кр'_1$, тогда ток будет протекать через верхнюю половину обмотки, и ротор будет вращаться, положим, влево. Ротор двигателя устроен так, что в состоянии покоя он имеет возможность смещаться по оси от центра магнитного поля и удерживаться в таком положении пружинкой. В момент включения ротор втягивается в магнитное поле и остается в таком положении в течение всего времени работы; когда же двигатель выключается, то ротор под действием пружины приводится в исходное смещенное положение. Это смещение используется для сцепления двигателя с системой настройки. Таким образом, двигатель сцеплен с приводом только на время его работы, а при ручной настройке, когда

двигатель выключен, он не затрудняет настройки приемника.

К сожалению, в настоящее время готовых заводских двигателей реверсивного типа, которые могли бы быть приспособлены для таких целей, в продаже нет, и поэтому тем, кто имеет желание построить телеуправляемый прибор, двигатель приходится делать самому.

Ниже приведено описание двигателя, обладающего достаточным для наших целей пусковым моментом.

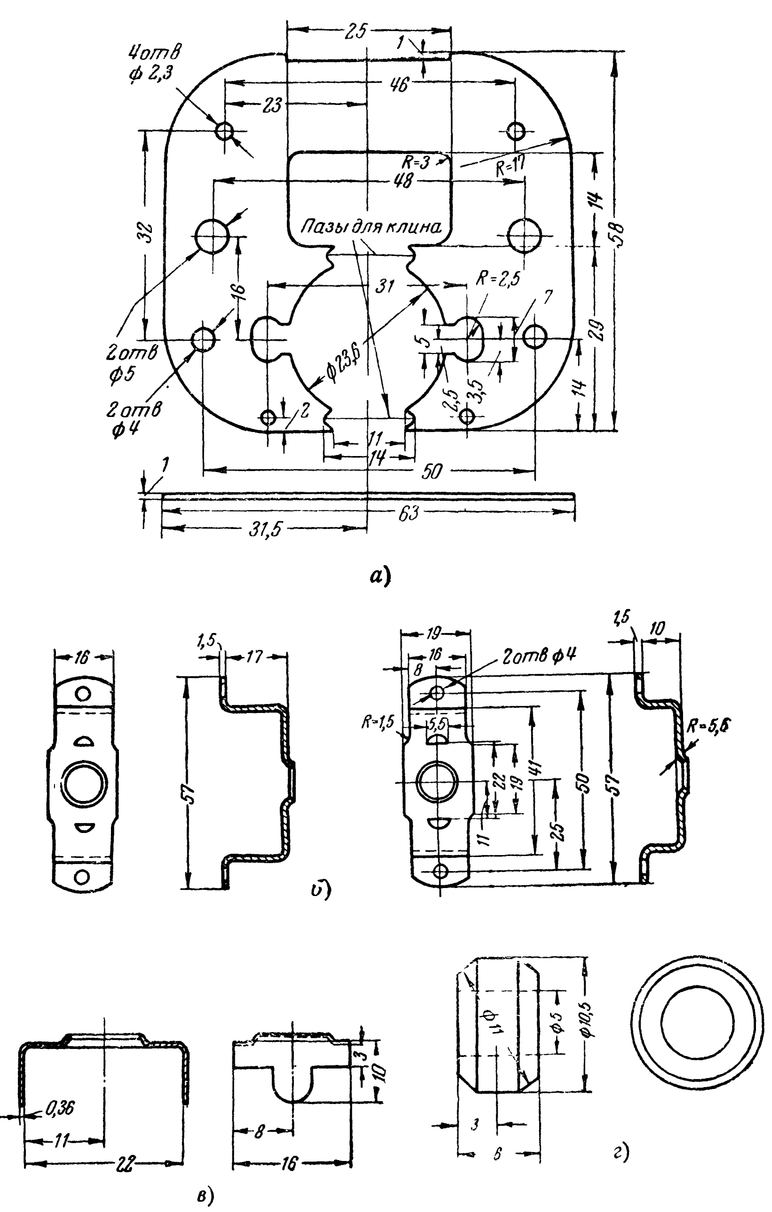
Общий вид двигателя приведен на фиг. 52. Двигатель состоит из магнитной цепи *1*, на которой крепится катушка с обмоткой *2*, вспомогательной обмотки *3*, ротора с осью *4*, передней и задней скоб *5* и *6*, в которых крепятся подшипники ротора *7*.



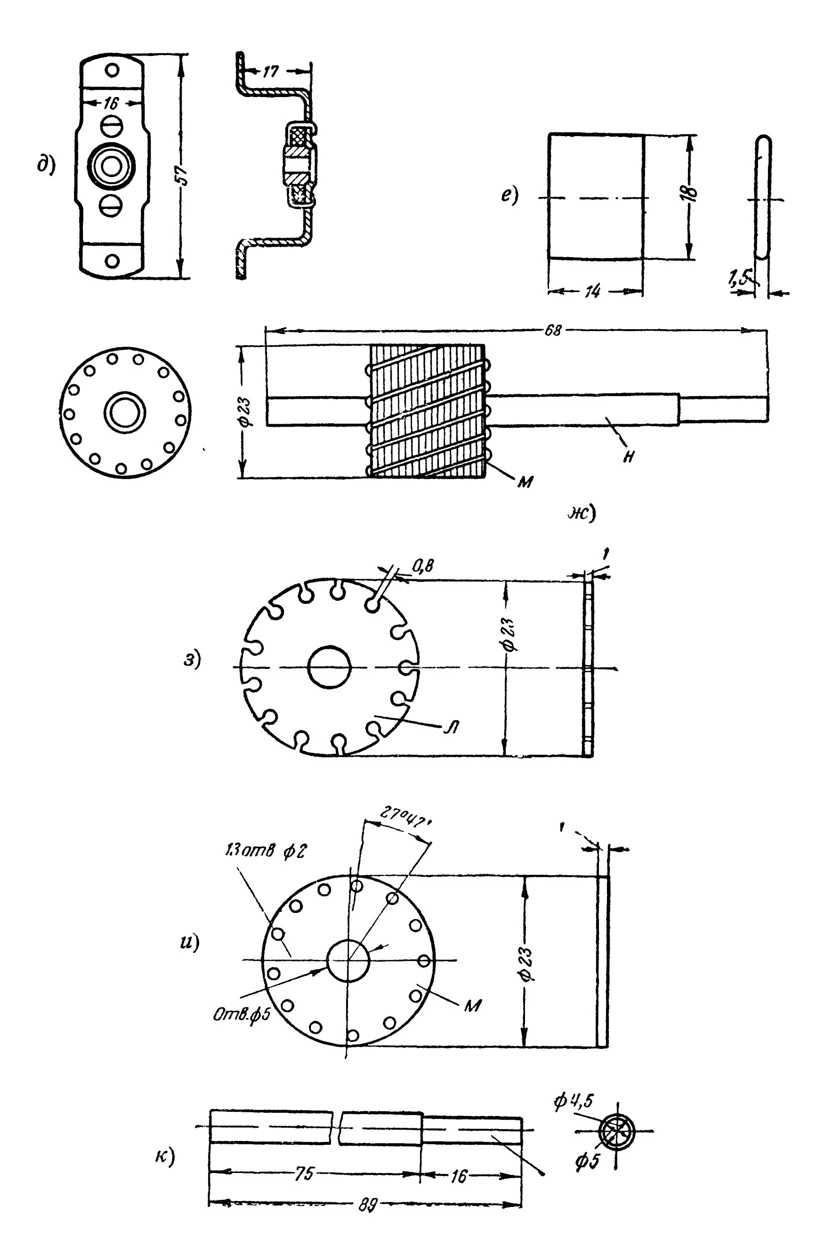
Фиг. 52. Реверсивный электродвигатель.

Магнитная цепь набирается из 18 отдельных пластин трансформаторной стали (фиг. 53,*а*); четыре отверстия диаметром 2,3 *мм* служат для заклепок, которыми скрепляются пластины, а два отверстия диаметром 5 *мм* служат для крепления самого двигателя. Отверстие диаметром 23,6 *мм* сделано для ротора; в двух вырезах по его бокам располагается вспомогательная обмотка; два отверстия диаметром в 4 *мм* служат для крепления скоб с подшипниками. Задняя и передняя скобы, отличающиеся одна от другой только высотой, показаны на фиг. 53,*б*.

Между скобками и обжимами (фиг. 53,*в*) помещаются бронзовые подшипники (фиг. 53,*г*). На фиг. 53,*д* приведен сборочный чертеж скобы с подшипником. Между обжимкой и скобой положена фетровая или суконная прокладка, пропитанная маслом, служащая для смазки подшипника. Обжимка своими ушками вставляется в отверстия в скобе



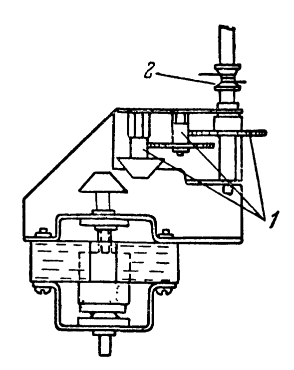
Фиг. 53. Детали реверсив



ного электродвигателя.

и ушки ее затем загибаются. Описанная конструкция подшипника весьма удобна, так как подшипник сам занимает нужное положение и возможные перекосы не представляют опасности.

Ротор (фиг. 53,*ж*) набирается из 18 отдельных пластин трансформаторной стали (фиг. 53,*з*). По бокам полученного набора пластин располагаются диски из красной меди (фиг. 53,*и*) Через отверстия в дисках и пластинах проходят медные стержни, которыми и стягивается ротор. Полученный барабан насаживается на ось ротора (фиг. 53,*к*), тщательно пропаивается (лучше всего опустить его в расплавленное олово) и после этого обтачивается. При расклепке стержней один диск нужно сдвинуть относительно другого на два отверстия, как это показано на фиг. 53,*ж*. Обмотка статора наматывается проводом ПЭЛ 0,65. Количество витков в обмотке — 192 со средней точкой.



Фиг. 54. Редуктор.

Вспомогательная обмотка наматывается из провода ПЭЛ 0,23, число витков — 160. Вспомогательная обмотка наматывается на цилиндре диаметром 48 *мм*. После намотки катушка снимается с цилиндра и обматывается эксцельсиоровой лентой. Она размещается в пазах статора. Выступающие части катушки загибаются кверху так, чтобы они не мешали вращению ротора.

Сборка двигателя производится следующим образом. На собранную и склеенную магнитную цепь надевается прессшпановая гильза и разрезные щеки; далее на изготовленную указанным способом катушку наматывается обмотка (192 витка). Вслед за этим в специальных пазах устанавливаются клинья (фиг. 53,*е*), размещается вспомогательная обмотка и устанавливаются скобы с подшипником и ротором.

Напряжение питания мотора — 24 *в* при силе тока 1,5 *а*. На эту величину и следует рассчитать обмотку трансформатора, питающую двигатель.

Добавочное сопротивление 50 *ом* должно выдерживать мощность 6 *вт*. Скорость вращения мотора — около 2 500 об/мин. Двигатель работает на редуктор, связанный с осью

переменного конденсатора; замедление, даваемое редуктором, составляет около 800—900.

Примерный вид редуктора приведен на фиг. 54. Следует иметь в виду, что приведенная на этом рисунке система шестерен *1* дает лишь часть общего замедления. Канатик, перекинутый через шкив *2*, охватывает шкив большего диаметра, насаженный на ось конденсаторного блока, чем тоже достигается замедление. Это замедление используется и при ручной настройке, так как ручка настройки насаживается на одну ось со шкивом *2*.

Шкив, насаженный на ось конденсаторного блока, служит также и для передвижения стрелки по шкале посредством канатика, к которому прикрепляется стрелка и который охватывает шкив.

При конструировании и изготовлении редуктора следует руководствоваться тем, чтобы потери на трение были минимальными при возможно большой простоте устройства.

Электродвигатель при своей работе приводит во вращение ротор конденсатора. На конденсаторе с обеих сторон на изоляционных планках установлены контакты K_c' и K_c'' (см. фиг. 51). Дойдя во время вращения до крайнего положения, ротор замкнет один из контактов, например K_c'. При замыкании произойдет срабатывание поляризованного реле P_2, и его якорь замкнет контакт K_2''. Вследствие этого мотор и ротор конденсатора изменят направление вращения.

Для двухсторонней работы реле необходимо поверх существующей обмотки намотать еще одну, направление витков которой должно быть противоположным существующим. $Д_2$ — купроксный или селеновый элемент, рассчитанный на рабочий ток не менее 0,1 *а*.

2. Командно-передающее устройство

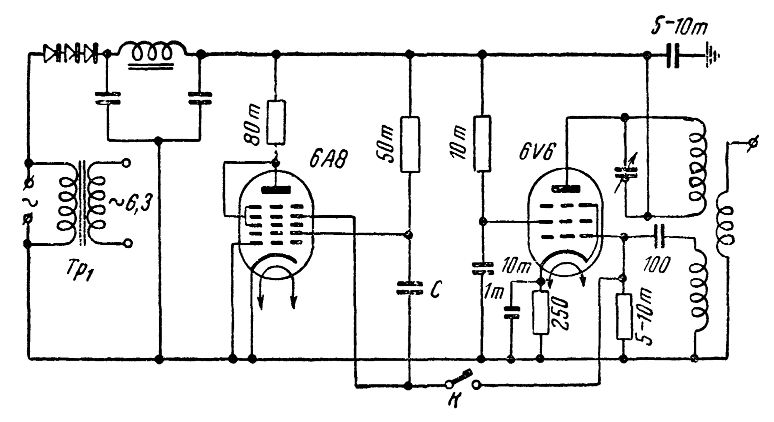
Командно-передающее устройство состоит из двух частей: генератора высокой частоты и модулятора.

Принципиальная схема такого прибора приведена на фиг. 55. Генератор высокой частоты собирается на лампе 6V6 по схеме с индуктивной связью.

Контурные катушки для различных диапазонов — сменные или переключающиеся. Конденсатор переменной емкости изолирован от шасси. Емкость его такого же порядка, как и конденсаторов блока конденсаторов приемника.

В качестве антенны используется небольшой кусок проволоки.

Модулятор выполнен на лампе 6А8. Модуляция—сеточная и производится только в тот момент, когда замкнут ключ *К*.



Фиг. 55. Схема передающего устройства.

Питание осуществляется от сети переменного тока. Для уменьшения объема и веса выпрямителя последний собран на селеновых шайбах.

Тр$_1$ — накальный трансформатор. Данные его следующие: сечение сердечника — 3,2 *см*^{2}, первичная обмотка при напряжении сети 110 *в* имеет 2 250 витков ПЭЛ 0,13; накальная обмотка — 120 витков ПЭЛ 0,7.

Налаживание этого передатчика не отличается от налаживания обычных передатчиков, и поэтому мы на нем не останавливаемся.

НОМИНАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ СУХИХ БАТАРЕЙ И ЭЛЕМЕНТОВ

№ по пор.	Наименование	э. д. с., *в*	Начальная емкость при *ач*	Начальное напряжение, *в*	Разрядный режим	Конечное напряжение, *в*	Гарантированный срок сохранности, месяц	Емкость при $t=20°$ после указанного срока хранения, *ач*	Работоспособность в температурном интервале от	до	Габариты, *мм*
1	ГБ-60	67	0,1	66	$R=4\,680$ *ом*	40	4	0,07	—20	+40	40×70×80
2	ГБ-70	80	0,1	76	$I=1,0$ *ма*	50	6	0,07	—20	+40	42×52×142
3	ГБ-80	85	0,15	—	—	—	6	0,10	—20	+40	26×74×160
4	ГБ-200	220	0,1	210	$I=2,0$ *ма*	150	4	0,07	—20	+40	62×39×147
5	ГБ-300 № 2	320	0,1	270	$I=2,0$ *ма*	210	6	—	—20	+40	76×80×150
6	ГБ-СА-45	48	0,2	46	$R=14\,000$ *ом*	30	8	0,10	—20	+40	46×54×100
7	ГАБ-СА-45	48	0,3	46	$R=14\,000$ *ом*	30	9	0,15	—20	+40	40×65×110
8	БАС-Г-60	74	1,3	71	$R=4\,680$ *ом*	40	12	0,95	—40	+40	48×110×172
9	БАГ-60	70	0,5	68	$R=4\,680$ *ом*	40	6	0,35	—20	+40	90×90×120
10	ГБ-6	6,5	—	—	$R=110$ *ом*	3	4	—	—20	+40	28×36×42
11	БГ-4,5	4,7	1,0	4,2	$R=10$ *ом*	2	6	0,7	—20	+40	35×78×100
12	НС-СА	1,6	2,4	1,5	$R=10$ *ом*	1,0	10	1,6	—20	+40	⌀35×95
13	1КС-Х-3 („Сатурн") .	1,65	3,0	1,57	$R=10$ *ом*	0,7	12	2,5	—20	+40	⌀33×62
14	1КС-У-3	1,65	3,0	1,57	$R=10$ *ом*	0,7	12	2,5	—40	+60	⌀33×62
15	Элемент КБ	1,6	1,05	—	$R=117$ *ом*	1,0	8	0,7	—40	+40	⌀21×60

Цена 2 р. 25 к.